علم الهيئة

ابن سينا

علم الهيئة

بسم الله الرحمن الرحيم وبه أعوذ وأستعين

المقالة الأولى

في التعليم

من تلخيص كتاب بطلميوس في التعليم وهو كتاب المجسطي مما حرره الشيخ الرئيس أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا قال: وقد حان أن نورد جوامع كتاب بطليموس الكبير المعمول في المجسطي وعلم الهيئة.وأن تحذي في ذلك حذو كلامه من غير أن نسلك في ذلك طريقة غير طريقته من الفارق التي ظهرت للمحدثين إلا في أشياء يسيرة، فإن الاستقصاء في ذلك مما يورد في كتاب اللواحق، وأن نقرب المعاني إلى الأفهام غاية ما تقدر عليه، وأن نترك الحسابات التي في الأشكال بأن يعرف وجه البيان في الشكل، فمن شاء حسب وأن لا نستقصي في ذكر تاريخ الأرصاد، بل نسلم أن بين كل رصد ورصد كذا مدة. وأما الجداول، فإن أحب أحد أن يثبتها في كتابنا هذا، وإن أحب أن يختصرها فعل. ورأينا أن لا نكرر كثيرا من الأشكال التي يشترك فيها كواكب عدة وهي متشابهة في التعليم والهيئة، وإنما تكرر لاختلافها في الحساب ونسأل الله تعالى التوفيق والعصمة، ونسأل الأصدقاء من أهل المعرفة أن يعذروا في الزلة، ويسدوا الخلة. والله المسدد، وله الحمد على كل حال، وصلواته على رسله الأخيار خاصة سيدنا محمد النبي وآله الطاهرين.

فصل في أن السماء كروية الحركة والشكل

قد يقع التصديق بكرية هذه الحركة من جهة هيئة طلوع الكواكب الثابتة وغروبها، فإنها تطلع من المشرق، ثم لا تزال تأخذ إلى العلو بالقياس إلينا حتى توازي سمت الرؤوس، ثم تأخذ إلى السفل نحو المغرب حتى تبلغ الأفق، ثم تغيب، ثم تعود مرة أخرى من حيث كانت طلعت هي بأعيانها، وتكون أزمنة الطلوع وأزمنة الغروب متكافية في جل الأمر.

ثم إذا أخذنا نحو جهة الشمال أو الجنوب، حصل بعض ما كان يغيب عنا لا يغيب البتة، وبعض ما كان لا يغيب عنا يغيب دائما أو وقتا، وكما أمعنا يظهر مما لا يغيب منها شيء أكثر، ويكون في الناحية الأخرى الأمر بالضد. وكلما أبطأ غروب كوكب من هذه الجهة وصار قوس نهاره أكبر، أسرع غروب نظيره من تلك الجهة، وصار قوس نهاره أصغر. وكل ما ظهر هاهنا مما لا يغرب، يخفى هناك نظيره مما كان يطلع فلا يطلع. ولو أنا تمادينا في المصير إلى القطب الذي إليه يصير، و لم يكن عن ذلك مانع، لبلغنا موضعا يكون هناك إما طالع دائما وإما غارب دائما. ونحن نشاهد مالا يغرب يدور على القطب، وكل ما كان إليه أقرب، كان مداره أضيق ودوره أبطا بمقدار ضيق مداره، ولكنها جميعا تقطع دوائرها معا، وهي - أعني دوائرها - متوازية. وهذا لا يمكن إلا أن يكون حركة مستديرة، ويكون قطباها ناحيتي ظهوري الكواكب الأبدية الظهور. ولو كانت هذه الحركة لا على هذه الصورة، لما كان أبعاد ما بين الكواكب وأعظامها في جميع أقطار الأرض متساوية في المنظر والذي يرى من زيادة مقاديرها عند الطلوع والغروب، فهو بسبب البخار الرطب المائي المحيط بالأرض، ووقوعه بين الأبصار وبينها. ومن شأن مثله أن يكون ما وراءه أعظم في المنظر، ولهذا ما ترى مقادير الأشياء في المياه أعظم وأكبر، وكلما غاصت ازدادت عظما بحسب الرؤية. ومن الدليل على صحة هذا الرأي، بطلان سائر الآراء فيه. مثل رأى من يظن أن النجوم تذهب على الاستقامة لا إلى نهاية. فليت شعري، كيف ترجع بالاستقامة من ناحية المشرق مرة أخرى، وإن كانت ترجع من حيث جاءت، فكيف لا ترى، و لم لا تتناقض أعظامها وأبعاد ما بينها كلما ازدادت عنا بعدا بل تثبت مقادير أعظامها وربما زادت عند الغروب في الرؤية. ومثل الرأي السخيف، القائل إنها تشتعل وتطفأ، فيكون في بعض الأرضين لها اشتعال وفي بعضها طفؤ. وهذا مع سخافته لما فيه من نسبة خلقه الأجرام الكريمة إلى العبث والتعطيل، يوجب أن يكون شيء واحد مشتعلا طافيا بحسب القياس إلى موضعين، لأن الكواكب الطالعة على قوم تكون غاربة عن آخرين، تدل على ذلك أيضا أرصاد كسوفات القمر، فقد رصد كسوف القمر وكان عند قوم بعد الطلوع، وعند قوم طلع وهو منكسف، وعند قوم قبل الطلوع حتى أنهم ظهر لهم منجليا، وكذلك رصد في جانب الغروب. ثم ما بال بعض البلاد يوجب أن يشتعل فيها، وبعض البلاد يوجب أن يطفأ. وما بال الكواكب الظاهرة أبدا عند قوم مشتعلة دائما عندهم، ولكنها عند قوم آخرين تطفأ. ويشهد على صحة رأينا هذا، مطابقة آلات الأرصاد المنصوبة على واجب أحكام الكريه، فإنها تستمر على أحكام الكريه. قال، وأما أن الفلك كرى، فيقنع فيه أمور منها، إن هذا الشكل أوفق الأشكال لسرعة الحركة المستديرة، وأزيدها إحاطة وأنيقها بالجسم الكريم الذي هو أكرم، ولأن الفلك جرم بسيط متشابه الأجزاء، ولا يجوز أن تكون طبيعة واحدة تفعل في مادة واحدة زاوية أو هيئة انحناء في جزؤ ولا يفعل في جزؤ بل يجب أن تكون هيئة جميع الأجزاء

متشابهة الخلقة، ولا يمكن أن يكون هذا إلا للكرة، ولا يمكن أن يكون بسيط متشابه القطوع إلا الكرة، ولأن الكواكب قد تقنع الناظر في أمرها بأنها من جوهر ما هي فيه، والكوكب كريه ولو كانت مسطحات أو مقصعة أو شكلا آخر لاختلف مناظر أشكالها لاختلاف أبعاد الناظرين إليها فالفلك المحيط بها في مثل طبيعتها قال والمعول عليه من هذه الحجج هو الأوسط.

فصل في أن الأرض كرية عند الحس

وقد يدلنا على كون الأرض كريه في الحس تقدم طلوع ما يطلع وغروب ما يغرب وتأخرهما عن أهل البلدان الطويلة وظهور ما يظهر أبدا وغيبة ما يغيب أبدا على البلدان العرضية تقدما وتأخرا وظهورا وغيبة توجبه الكريه ويظهر حال الطول بالكسوفات القمرية وحال العرض بكواكب القطبين ولو كانت الأرض مقعرة لطلعت الكواكب على الغربيين أولا وتأخرت عن الشرقيين وليس كذلك فقد رصدت كسوفات القمر الواحد بأعيانها فوجدت تكون عند الشرقيين في ساعات من ليلهم أكثر وعند الغربيين في ساعات من ليلهم أقل ووجد التفاوت في ذلك على ما توجبه كريه الأرض ولو كانت مسطحة لكن الطلوع والغروب في الآفاق في وقت واحد وما يتضرس بسبب الجبال والأراضي المرتفعة فيجب أن لا يكون له قدر محسوس ولو كانت مضلعة بأضلاع مسطحة تخرجها عن أن تكون بالجملة كريه عند الحس لكان طلوع الكواكب وغروبها إنما يكون على سكان سطح واحد في ساعة واحدة ويخالف في ذلك سائر السطوح بما له قدر إلا أن تكون السطوح بحيث لا تؤثر في كريه الجملة أثرا محسوسا على ما عليه الوجود ولكنا نجد تأخر ساعات الكسوفات وتقدمها في المساكن على الطول من المشرق إلى المغرب على ما توجبه كريه الأرض وكذلك حال طلوع الكواكب وغروبها دون ما يوجبه تسطيح واحد أو تسطيح كثير ولا يجوز أن يكون شكلها اسطوانيا يحدث سطحه في الطول من المشرق إلى المغرب وله سطحان مسطحان إلى القطبين وإلا لكان طلوع الثوابت وغروبها على سكان سطح واحد بين القطبين واحدا ولكان ما يخفي ويظهر واحدا عند الجميع بل لم يكن سكان الاستدارة يرون شيئا من الكواكب دائم الظهور فلما كان حال ما من المشرق إلى المغرب في هذه المعاني كحال ما من الشمال إلى الجنوب فالتحديب في الجهات على السواء وسطح الماء في البحر كرى أيضا ولذلك إذا كنا في البحر وكان بالبعد منا جبل فأول ما يظهر منه رأسه ثم يظهر ما تحته قليلا قليلا كان مستورا لا محالة دون رأسه فلا ساتر دونه غير حدبة الماء.

فصل في أن الأرض مستقرة في الوسط

قال إن لم تكن الأرض مستقرة في سواء الوسط فلا يخلو ما أن تكون في بعد سواء عن القطبين ولكن خارجة عن المحور أو على المحور ولكن مائلة إلى أحد القطبين أو خارجة عن المحور ومائلة إلى قطب ولو صح القسم الأول لوجب أن لا يستوي الليل والنهار أبدا عند ساكني خط الاستواء لأن سطح الأفق حينئذ لا يفصل الفلك دائما بنصفين وأما في سائر الأقاليم فكان إما أن لا يكون ذلك الاستواء أو لا يكون إذا كانت الشمس على منطقة الحركة الأولى أعني معدل النهار لأن الدوائر الكبار الأفقية والمنطقية كانت لا تتفاضل بنصفين فلا يكون الاستواء على نقطتي تقاطع المائل ومعدل النهار اللذين نذكرهما بعد بل على دائرة أخرى موازية لها شمالية أو جنوبية ولكانت القطعة العليا من كل دائرة من المتوازنة لا تساوي السفلى من نظيرتها المساوية إياها في البعد عن منطقة معدل النهار فلم يكن نهار أحداهما كليل الأخرى والوجود على خلاف ذلك كله ولكانت البلاد التي تميل إلى مشرقها أو مغربها لا يتساوى فيها زمان ما بين الطلوع ومسامتة الرأس وزمان ما بين مسامتة الرأس والغروب و لم تكن الأعظام والأبعاد ترى في كل موضع متساوية. وأما القسم الثاني فلو صح لوجب أن يكون الأفق إنما يفصل الفلك بنصفين حيث الكرة منتصبة وذلك إذا قام عمود على منطقة الكل وأما في المساكن المائلة إلى أحد القطبين فإن القطع كانت تكون مختلفة وكلما يلي ذلك القطب أصغر وما يلي مقابلة أكبر وكلما أمعنا إلى القطب ازداد صغر الصغير وكبر الكبير فإذا صرنا عند القطب كان ما يفصله الأفق فوقه أصغر من جميع القطوع وما تحته أكبر وليس الأمر كذلك بل في جميع البلاد وجميع المساكن ينقسم الفلك بنصفين فترى ستة بروج دائما أو يكون الأفق على منطقة البروج وذلك تنصيف على وجه آخر للبروج ولو اجتمع القسمان لاجتمعت المحالات التي في القسمين على أنه لو لم تكن الأرض تحت دائرة معدل النهار وهي منطقة الكل بحيث ينتصف على موازاتها لما كانت الأظلال من المقاييس المشرقية والمغربية عند استواء النهار على خط واحد مستقيم بعينه في السطوح الموازية للأفق في كل موضع ولو كانت الأرض بالجملة مائلة عن الوسط لما كان نظام تزايد النهار وتناقصه هذا النظام الموجود ولكان القمر لا ينكسف أبدا عن مقابلة الشمس وفي كل وقت.

فصل في أن لا مقدار للأرض عند الفلك

لو لم يكن مقدار الأرض بحيث لا يؤثر في الحس أثرا عند السماء فوق ما للمركز إلى المحيط بل كان لها تأثير محسوس لما كانت أبعادها ما بين الكواكب وأعظامها متفقة في الحس عند كونها في وسط السماء وعند كونها في الأفق ولكان القرب وهو عند توسط السماء يوجب زيادة في ذلك والبعد نقصانا والأمر بالخلاف ولكان استعمال آلات الرصد على بسيط الأرض لا على المركز نفسه يوجب تفاوتا محسوسا وكانت الأصول المبنية على تلك الأرصاد لا تستمر ولكان الغارب من الفلك أعظم من الطالع بمقدار محسوس على مقتضى ستر نصف الأرض لأن المنصف في الحقيقة هو السطح الفاصل للأرض بنصفين لا السطح الخارج عن الأبصار فلصغر قدر الأرض عند الفلك صار كالمنطبق أحدهما على الآخر وكان الطالع ستة بروج تقريبا.

فصل في أن ليس للأرض حركة انتقال

وأما حركة الانتقال فتبطل بما أبطلنا به الميل عن الوسط ولو كان لها حركة مستقيمة صاعدة أو نازلة أو إلى جهة لكانت أجزاؤها لا تلحقها البتة من تلك الجهة وأما التعجب الواقع في أن الثقيل كيف يثبت في موضع ولا يهوى فهو زائل بمعرفتنا أن الفوق دائما جهة الفلك والسفل جهة الوسط وأما الكل فلا فوق له ولا سفل لأن الكرة لا اختلاف فيها وأن نهاية الحركة الثقيلة مركز الكل ونهاية الحركة الخفيفة ضدها هو أفق الكل وجهة الفلك وجميع أجزاء الأرض متدافعة إلى الوسط وقائمة على زوايا قائمة على بسيط الأرض إذا ورد بها بالطبع وأما الحركة المستديرة للأرض على نفسها فقد ادعاها قوم فبعضهم زعم أن الفلك ساكن وأن الأرض تتحرك إلى المشرق فيظن أن الفلك يتحرك والكواكب تطلع وبعضهم زعم أن الجرمين كلاهما يتحركان لكن على التخالف وبطليموس بعد الفراغ من التعجب من وصفهم شيئا في غاية الثقل بمثل هذه الحركة السريعة وإن كان ليس يعجب تعجبا يعتد به فإن التعجب يكون لو جعلوها قسرا وهي في غير موضعها الطبيعي بحيث يكون لها ميل فيه بالطبع إلى حركة أخرى يقول لو كانت الأرض لها مثل هذه الحركة إلى المشرق دون سائر الأجرام الطبيعية لكان يجب أن لا يسبقها طائر أو مزجوم أو مرمى بل كان كله يتأخر فلا ترى حركة مشرقية لشيء منها فإن قيل إن الهواء يتحرك أيضا مع الأرض مثل حركتها فذلك محال ولو صح لوجب أن تكون حركة ما في الهواء من الأجرام المائلة إلى السفل أنقض من حركتها أعني حركة الأرض والهواء فكان لا يرى شيء يتحرك في الهواء إلى المشرق بل يتأخر دائما إلى المغرب وليس شيء مما في الهواء ملتصقا ملتحما يتحرك معه وإلا لما تقدمت الأشياء فيه

ولا تأخرت وترددت ولو كان للأرض مثل هذه الحركة لكانت الأثقال لا تقع على سمتها بل تتأخر فهذه جوامع ما قال ونحن قد بينا استحالة هذه الحركة للأرض في الطبيعيات.

فصل في القول على أن للكل حركة واحدة

تعمها وتفسرها من المشرق إلى المغرب

قال إنا لما رأينا الكواكب خصوصا الثابتة تطلع من المشرق وتغرب في المغرب ثم تعود كل يوم وليلة وأبعادها محفوظة ودوائرها المرسومة بحركاتها متوازية، صح أن لها حركة واحدة تعمها وهي حركة الكل ووجدت منطقتها دائرة معدل النهار وسائر الدوائر موازية لها، وإنها تسمى معدل النهار لأن الشمس إذا حصلت على نقطة من تلك الدائرة استوى الليل والنهار في جميع المساكن. أو أما الكواكب الأخرى كالشمس والقمر والمتحيرة فلا تحفظ نسبتها إلى الكواكب الثابتة وتتأخر دائما إلى المشرق، لا على دوائر متوازية، بل مختلفة قاطعة للمتوازية إلى جهتي الشمال والجنوب، وكذلك هي بالحقيقة لا بالنسبة إلينا وميلها إلى الشمال والجنوب على نسبة وترتيب منتظمين وإن كان الاستقصاء أيضا في أمر الثوابت على ما سيتضح بعد قد يظهر من أمرها أنها أيضا تتخلف إلى المشرق على دوائر متوازية وموازية للمنطقة المائلة للشمس. فذلك أمر بعيد الزمان خفي في ظاهر الأحوال فيجب لا محالة أن تفرز هذه الحركة التي من المغرب عن الأولى التي من المشرق ويجعل غيرها وكالمضادة لها ويجب لا محالة لما قلنا أن تكون على دوائر مائلة مقاطعة لمنطقة الحركة الأولى. فإذن المناطق اثنتان: منطقة للمائلة ومنطقة معدل النهار. والمنطقة المائلة التي للشمس هي دائرة البروج ومنطقة فلك الثوابت على ما نوضحه بعد والتقاطعان اللذان بين الدائرة الشمسية ومعدل النهار أحديهما تسمى نقطة ربيعية وهي التي إذا وافتها الشمس انقلب الزمان إلى الربيع فكان الاستواء الربيعي، والثانية تسمى نقطة خريفية لما عندها من الاستواء الخريفي وإذا قام على قطبي منطقة البروج ومنطقة الحركة الأولى دائرة قاطعة لهما انفصل منها بينهما قوسان قوس شمالية وقوس جنوبية يحدان أبعاد الميل وارتسمت على دائرة البروج نقطة شمالية ونقطة جنوبية، فأما الشمالية فهي نقطة المنقلب الصيفي لأن الشمس إذا حصلت عندها انقلب الزمان إلى الصيف في المعمورة التي نعرفها والأخرى المنقلب الشتوي لنظير ذلك. ولما كانت الكواكب المتحيرة والشمس والقمر ترى طالعة وغاربة مع الثوابت فمن البين أن الحركة الأولى مستولية على الحركة الثانية ويلزمها ما يتحرك بالحركة الثانية مع حركاتها الخاصة ثم في النظر الدقيق تظهر أن الكواكب الثابتة ليست تتحرك إلى المغرب بذاتها بل يلزم فيما

يرى من حركتها إلى المغرب أن تكون هناك حركة أخرى محيطة بالكل ومستولية عليه تستتبع سائر الأجرام معها وهي لجرم غير مكوكب. وأما أن هذه الحركة ليست للثوابت بذاتها، بل هي كما للمتحيرة فلأن لها حركة إلى المشرق بطيئة جدا خاصة بها كحركة سائر الكواكب، إلا أن التي لسائر الكواكب سريعة تظهر بالقياس إلى الثابتة، وأما التي للثابتة فتظهر بالقياس إلى النقط الأربع الموهمة المذكورة على ما ستعلم. فهذه تظهر أقل وبحيلة أدق وأما أن ذلك الفلك غير مكوكب فلأنه لو كان هناك كوكب لرؤى لأن الأجسام السمائية كلها مشفة لا تحجب ما فيها من النيرات عن الأبصار.

فصل في معرفة أوتار أجزاء الدائرة

غرضه العام في هذه الأصول معرفة نسب الأوتار واستخراجها والقسي والزوايا الواقعة على بسيط الكرة ونبدأ بمعرفة الأوتار فإن غرضه المقدم في هذه الأصول أن يصير لنا وتر أي قوس فرضنا معلوما وقوس أي وتر فرضنا معلومة على أن يكون القوس قطعة معلومة من دائرة مقسومة على ثلثمائة وستين جزءا والوتر خطا معلوم النسبة إلى القطر المقسوم بمائة وعشرين قسما ولا يعتبر في هذه المواضع نسبة أجزاء القطر إلى أجزاء المحيط البتة ثم وتر السدس وهو مثل نصف القطر معلوم ووتر الربع أيضا معلوم من كتاب الأصول لأوقليدس وهو جذر ضعف مربع وتر السدس ووتر الثلث أيضا معلوم وهو جذر ثلاثة أمثال مربع نصف القطر أعني وتر السدس وذلك معلوم وكل وتر علم فبين أن الوتر الباقي لنصف الدائرة معلوم لأنه ضلع مربع ما بقي من مربع القطر بعد مربع الوتر الأول وضلع المثمن من ضلع المربع معلوم لأنه يقوى على نصف وتر المربع وعلى فضل وتر المسدس على نصف وتر المربع وكلاهما معلومان وعلى هذا القياس "أ" فنريد أن نعرف وتر المعشر والمخمس فنرسم على قطر أ ح نصف دائرة أ ب ح وعلى مركز عمود د ب وننصف ح د على ه و نصل ه ب ونأخذ ه ر مثل ه ب ونصل ر ب فنقول إن د ر ضلع المعشر وإنه معلوم و: ب ر ضلع المخمس وأنه معلوم برهان ذلك أن خط ح د قسم بنصفين على ه وزيد عليه د ر فيكون ح ر في ر د، ه د في نفسه مثل ه ر في نفسه أ عني ه ب في نفسه أعني د ب، د ه كل في نفسه ونسقط د ه المشترك يبقى ح ر في ر د مثل د ب في نفسه أعني ح د في نفسه ف: ح ر قد انقسم على نسبة ذات وسط وطرفين على د والأطول ضلع المسدس فالأقصر لا محالة وهو د ر ضلع المعشر كما علمت و: ب ريقوى عليهما ف: ب ر ضلع المخمس ولأن د ه، دب معلوم ف: ه ب معلوم أعني ه ر فجميع ح ر معلوم و: ح د معلوم ف: در أيضا معلوم ف: ب ر أيضا معلوم وخرج ضلع المعشر "لز د نو" وضلع المخمس "ع لب د" " ب " ولنقدم شكلا نحتاج إليه فيما نحن بسبيله وهو أن كل ذي أربعة

أضلاع يقع في الدائرة فإن مسطح أحد قطريه في الآخر مساو لمجموع مسطحي كل ضلع في مقابله فإن كان متساوي الأضلاع فالبرهان قريب جدا فليكن مختلف الأضلاع مثل أ ب ح د في دائرة ولنخرج القطرين ولنفرض زاوية أب د أعظم من زاوية دب ح حتى يكون قوسها ووترها أعظم إذا فرضناه مختلف الأضلاع ونأخذ زاوية أب ه مساوية لزاوية دب ح وزاويتا ب أه، ب د ح على قطعة واحدة وهي ح ب متساويتان فالمثلثان متشابهان ف:أب في د ح مثل دب في أه وأيضا لأن جميع زاوية أب د مثل ه ب د وزاويتا ب ح ه، أد ب متساويتان فالمثلثان متشابهان فضرب ب ح في أد مثل دب في ح ه

فجميع ب ح في د أ، أب في د ح مثل جميع دب في ح ه وفي ه أ اعني في جميع أ ح وذلك ما أردنا أن نبين "ح" ولنبين أن وتر فضل نصف الدائرة على قوسين معلومي الوترين معلوم ولنوقع القوسين ووتريهما على طرفي القطر ليسهل استخراج وتر القوس التي بها يفضل نصف الدائرة عليهما وهي القوس الواقعة بينهما فإنهما ووترهما مساويان للفضل ووتراه لو كان واقعين عند طرف القطر والقوسان المعلومان

ووترهما واقعين على هؤلاء من الطرف الآخر فليكن المطلوب معرفته وترا مثل وتر ح ب من معرفة وترى د ح، أب الخارجين عن طرفي قطر أد ولنصل دب، ح أ وهما معلومان بسبب أنهما وترا تمام نصف الدائرة بعد قوس معلومة الوتر والقطر معلوم وزاوية القطر لا محالة قائمة فضرب أحدهما في الآخر معلوم يذهب د ح في ب أ المعلوم بسبب أن دب، ج أ معلومان يبقى ج ب في د أ فلنقسم ذلك على د أ المعلوم يخرج ج ب ومن هذا نعلم أن الباقي بعد قوسين معلومتي الوتر من نصف الدائرة معلوم الوتر فإنه يكون مثل هذا الواقع في الوسط وإذا علم هذا فقد علم وتر الفضل بين قوسين معلومتي الوتر كقوس السدس وقوس الخمس والفضل بينهما "د" ويمكننا أن نعلم أيضا وتر نصف قوس معلومة الوتر فلنصل بقطر أ ج وتر ب ح المعلوم ولننصف قوسه على د ونصل وتري ب د، د ح فنقول إنهما معلومان فنصل أ ب، أ د ونقطع أ ه مثل أب ونصل د ه فلأن ه أ، أد مساميان ل: أب، أد وزاويتا أ على قوسين متساويتين وهما متساويتان فقاعدتا ب د، د ه متساويتان ونخرج في مثلث ه د ح عمود در فلأن أ ب أعني أه معلوم وكان أ ح

معلوما، بقى ه ح معلوما فنصفه ه ر معلوم ف: أ ر معلوم و: رح معلوم ومثلث أ د ح القائم الزاوية مشابه لمثلث د ر ح القائم الزاوية فنسبة أ ح إلى د ح كنسبة د ح إلى ح ر ف: د ح واسطة و: ر ح معلوم وإذا عرفنا هذا فقد اتضح لنا السبيل إلى معرفة وتر ستة أجزاء ووتر ثلاثة أجزاء ووتر جزء ونصف ووتر نصف وربع جزء من معرفتنا وتر قوس اثني عشر جزءا "ه" ونقول أيضا: إنا إذا أعطينا قوسين صغيرتين معلومتي الوتر أمكننا أن نعرف وتر مجموعهما مثل وترى أب، ب ح فإنهما معلومان فنقول إن وتر مجموع القوسين أعني أ ح معلوم ولنفرض مجموعهما أقل من نصف دائرة وهو المطلوب في مباحثنا أعني أ ح ولنخرج القطر أد ونصل ح د فلأن أب، ب ح معلومان ف: د ح الباقي معلوم، فوتر قوس أ

ح الباقية إلى نصف الدائرة معلوم "و" وبرهان هذا في الكتاب أنا نخرج أيضا قطر ب ر ه ونصل ح د، د ه، ح ه، د ب. و: ب ح معلوم ف: ح ه أيضا معلوم وبمثل ذلك ب د بسبب أ ب معلوم، ويصير ه د معلوما، فيصير ح د الضلع الرابع معلوما بسبب القطرين وهما ح ه، ب د ويحصل أ ح معلوما فإذا فصلنا وتر قوس أصغر أوتار القسي المفروضة و لم نزل نركب تلك القوس مع قسي أخر معلومة الأوتار كان أوتار المجموعات معلومة وكذلك إذا ضاعفنا القوس الصغير جدا دائما وبطلميوس يروم أن يضع أصغر الأوتار وتر نصف جزء وإذا عرفت وتر نصف جزء أمكنك أن تستخرج وتر ربع جزء وثمن جزء على سبيل التنصيف ولكن الذي اعتمدناه من طريق التنصيف لا يؤدي بنا إلى النصف جزء حتى يسهل علينا معرفة سائرها وذلك من شكل ح الذي قدمه لأنا انتهينا في استخراج الأوتار إلى وتر فضل ما بين الثلث والخمس وذلك وتر ثمانية وأربعين والتنصيف يؤدي بنا إلى وتر أربعة وعشرين ثم اثني عشر ثم ستة ثم ثلاثة ثم واحد ونصف ثم نصف وربع ولا يؤدي إلى معرفة وتر الواحد أو وتر النصف وكذلك تنصيف وتر السدس يؤدي إلى وتر ثلاثين ووتر خمسة عشر ووتر سبعة ونصف ولا يؤدي إلى الواحد وإلى النصف وإن ابتدأت من تنصيف وتر العشر تأديت أيضا إلى أربعة ونصف واثنين وربع فلو كان يمكننا أن نعرف وتر ثلث قوس معلومة الوتر بالخطوط لكان ذلك يخرج لنا من وتر جزء ونصف "ر"قال: فإذا لم يمكننا ذلك فيجب أن نسلك فيما نرومه سبيلا من التقريب ونستعين بهذا الشكل قال نسبة الوتر الأطول إلى الوتر الأقصر في دائرة واحدة أصغر من نسبة القوس الكبرى إلى القوس الصغرى فليكن وتر ح ب أطول من وتر أب فأقول: إن نسبة وتر ح ب الأطول إلى وتر أب الأقصر أصغر من نسبة قوس ح ب إلى قوس أب فلنصل ح أ ولننصف زاوية ب بخط ب د يقطع ح أ على ه وننفذه إلى د ونصل ح د، د أ ومعلوم أنهما متساويان لأنهما وترا قوسين متساويتين لأن زاوتيهما عند ب متساويتان

ولنخرجج

من د عمود د ر ومعلوم أنه يقع في مثلث ه ح د لأنه ينصف ح أ قاعدة مثلث متساوي الساقين ثم ح ه أطول من ه أ لأن ح ب أطول من ب أ وهما على بسنة الوترين الأولين لأن زاوية ب منصفة فلأن زاوية ر فهي أكبر من زاوية د أ ح وهي لا محالة أصغر من د ه أ الخارجة وأكبر من د ه ر الباقية فضلع أ د أطول من د ه و: د ه أطول من د ر فإذا جعلنا د مركزا وأدرنا ببعد د ه قطاعا وقع داخل مثلث د ه أ وقطع د أ على ح ووقع خارجا عن مثلث د ح ر فلنخرج العمود حتى يلقاه على ط فبين أ، قطاع د ه ط أعظم من مثلث د ه ر وقطاع د ه ح أصغر من مثلث د ه أ فإذن نسبة قطاع د ه ط أعني زاوية ه د ر إلى قطاع د ه ح أعني زاوية ه د ح أعظم من نسبة "مثلث ه د ر إلى مثلث أ ه د أعني قاعدة ر ه إلى قاعدة ه أ" من مثلثين ارتفاعهما واحد فإذا ركبنا تكون نسبة ر أ إلى أ ه أصغر من نسبة جميع زاوية ردأ إلى زاوية

ه د أ وإذا ضعفنا المقدمين كانت نسبة جميع ح أ إلى أ ه أصغر من نسبة جميع زاوية د إلى زاوية أده وإذا فصلنا كانت نسبة ح ه إلى ه أ اعني ح ب إلى أ ب أصغر لأن الزاوية منصفة أصغر من نسبة زاوية ح د ب إلى زاوية ب د أ أعني قوس ح ب إلى قوس ب أ "ح" فليكن الآن أ د في هذه الدائرة وتر واحد ونصف وهو كما خرج بالحساب جزء وأربع وثلاثون دقيقة وخمس عشرة ثانية ووتر أ ح وتر الجزء المجهول الذي هو الواحد ووتر أب وتر نصف وربع وقد خرج بالحساب سبعة وأربعون دقيقة وثماني ثوان ولأن نسبة قوس أد إلى قوس أ ح نسبة مثل ونصف إلى مثل فنسبة وتر أ ح أصغر من نسبة مثل ونصف إلى مثل ف: أ ح أكبر من ثلثي أ د فهو إذن من جزء ودقيقتين وخمسين ثانية الذي هو ثلثا ا د ويحسب ذلك أصغر من مثل وثلث ا ب ومثل وثلث ا ب هو أيضا جزء ودقيقتان وخمسون ثانية فهو بعينه أكبر وأصغر من شيء واحد بحسابين فلتذهب الزيادة والنقصان تقريبا يبقى وتر ا ج جزء ودقيقتين وخمسين ثانية بالتقريب فإذن مقدار وتر نصف قوس ا ج بالتقريب وهو الذي كان يراد استخراجه معلوم فتصير بالتركيب مقادير القسي المتزايد بنصف درجة نصف درجة معلومة من طريق تركيب قوسين معلومتي الوتر وقد وضع بطليموس لها جداول مبتدئة من نصف درجة ومتزايدة بنصف درجة نصف درجة إلى مائة وثمانين درجة فوضع أولا جدولا للقوس ثم تلاه بجدول ما يخص دقيقة واحدة قوسية من الوتر حتى إذا طلب وترما هو أزيد أو أنقص من الموضوع بدقائق زيد أو نقص ما نحص تلك الدقائق بأن يضرب ما يخص دقيقة واحدة قوسية من الوتر حتى إذا طلب وتر ما هو أزيد أو أنقص من الموضوع بدقائق زيد أو نقص ما يخص تلك الدقائق بأن يضرب ما يخص دقيقة واحدة في عدد دقائق التفاوت فما اجتمع يزاد أو ينقص وهذا بالتقريب الذي لا يظهر بالتقريب الذي لا يظهر للحس وأما في الحقيقة فليس نسب القسي بحسب الأوتار فهذا هو الغرض الأول من هذه الأصول.ن د عمود د ر ومعلوم أنه يقع في مثلث ه ح د لأنه ينصف ح أ قاعدة مثلث متساوي الساقين ثم ح ه أطول من ه أ لأن ح ب أطول من ب أ وهما على بسنة الوترين الأولين لأن زاوية ب منصفة فلأن زاوية ر فهي أكبر من زاوية د أ ح وهي لا محالة أصغر من د ه أ الخارجة وأكبر من د ه ر الباقية فضلع أ د أطول من د ه و: د ه أطول من د ر فإذا جعلنا د مركزا وأدرنا ببعد د ه قطاعا وقع داخل مثلث د ه أ وقطع د أ على ح ووقع خارجا عن مثلث د ح ر فلنخرج العمود حتى يلقاه على ط فبين أ، قطاع د ه ط أعظم من مثلث د ه ر وقطاع د ه ح أصغر من مثلث د ه أ فإذن نسبة قطاع د ه ط أعني زاوية ه د ر إلى قطاع د ه ح أعني زاوية ه د ح أعظم من نسبة "مثلث ه د ر إلى مثلث أ ه د أعني قاعدة ر ه إلى قاعدة ه أ" من مثلثين ارتفاعهما واحد فإذا ركبنا تكون نسبة ر أ إلى أ ه أصغر من نسبة جميع زاوية ردأ إلى زاوية ه د أ وإذا ضعفنا المقدمين كانت نسبة جميع ح أ إلى أ ه أصغر من نسبة جميع زاوية د إلى زاوية أده وإذا فصلنا كانت نسبة ح ه إلى ه أ اعني ح ب إلى أ

ب أصغر لأن الزاوية منصفة أصغر من نسبة زاوية ح د ب إلى زاوية ب د أ أعني قوس ح ب إلى قوس ب أ "ح" فليكن الآن أ د في هذه الدائرة وتر واحد ونصف وهو كما خرج بالحساب جزء وأربع وثلاثون دقيقة وخمس عشرة ثانية ووتر أ ح وتر الجزء المجهول الذي هو الواحد ووتر أب وتر نصف وربع وقد خرج بالحساب سبعة وأربعون دقيقة وثماني ثوان

ولأن نسبة قوس أد إلى قوس أ ح نسبة مثل ونصف إلى مثل فنسبة وتر أ ح أصغر من نسبة مثل ونصف إلى مثل ف: أ ح أكبر من ثلثي أ د فهو إذن من جزء ودقيقتين وخمسين ثانية الذي هو ثلثا ا د ويحسب ذلك أصغر من مثل وثلث ا ب ومثل وثلث ا ب هو أيضا جزء ودقيقتان وخمسون ثانية فهو بعينه أكبر وأصغر من شيء واحد بحسابين فلتذهب الزيادة والنقصان تقريبا يبقى وتر ا ج جزء ودقيقتين وخمسين ثانية بالتقريب فإذن مقدار وتر نصف قوس ا ج بالتقريب وهو الذي كان يراد استخراجه معلوم فتصير بالتركيب مقادير القسي المتزايد بنصف درجة نصف درجة معلومة من طريق تركيب قوسين معلومتي الوتر وقد وضع بطليموس لها جداول مبتدئة من نصف درجة ومتزايدة بنصف درجة نصف درجة إلى مائة وثمانين درجة فوضع أولا جدولا للقوس ثم تلاه بجدول ما يخص دقيقة واحدة قوسية من الوتر حتى إذا طلب وترما هو أزيد أو أنقص من الموضوع بدقائق زيد أو نقص ما نحص تلك الدقائق بأن يضرب ما يخص دقيقة واحدة قوسية من الوتر حتى إذا طلب وتر ما هو أزيد أو أنقص من الموضوع بدقائق زيد أو نقص ما يخص تلك الدقائق بأن يضرب ما يخص دقيقة واحدة في عدد دقائق التفاوت فما اجتمع يزاد أو ينقص وهذا بالتقريب الذي لا يظهر بالتقريب الذي لا يظهر للحس وأما في الحقيقة فليس نسب القسي بحسب الأوتار فهذا هو الغرض الأول من هذه الأصول.

فصل في معرفة الميل

"ط" وأما الغرض الثاني فأن نعرف القوس التي بين الانقلابين حتى إذا نصفناها كان غاية الميل وأن نعطي أصولا تعرف بها القسي المجهولة من دوائر مرسومة على بسيط كرى منها قسي ميول درج البروج وهي ما ينحاز بين نقطة الدرجة من فلك البروج ونقطة المقطع من معدل النهار من القسي التي هي أجزاء دائرة كبرى تمر بقطبي المعدل وبالدرجة ومنها قسي أخرى على ما نوضحه في التفصيل فأما سبيل رصد الميل فأن نتخذ دائرة نحاسية يحيط بها سطوح أربعة متوازية وتقسم بدرج ودقائق ما أمكن وأخرى تدور فيها ولا تستر ما قسم من دورها ويجعلان على غاية الهندام ويعمل على قطر الداخلة مثل دفتي الإسطرلاب وشظيتيه بغاية الاحتياط ويقيمها موفقة على عمود إقامة مقاطعة لسطح الأفق على زاوية قائمة ويكون

سطحا هاتين في سطح دائرة نصف النهار وأما إقامة سطحيهما مقاطعين لسطح الأفق على زاوية قائمة فبالشاقول وأما إقامتها في سطح نصف النهار فباستخراج خط نصف النهار واستخراجه بأن نسوي مكانا من الأرض غاية الاستواء حتى لو صب فيها ماء لم يمل إلى جهة وينصب فيه عمود مستقيم من نحاس أو خشب أو غيرهما ونجعل منصب العمود مركزا ويدار عليه دائرة أعظم ما يمكن مما نعرف أن طرف الظل قد يقع في خطها وقوعا مستثبتا بلا انتشار وقتا ما من النهار ونرصد طرف الظل حتى يقع عليها قبل الزوال وحتى يقع عليها مرة أخرى عند الفيء ونعلم على النقطتين ونقسم القوس بينهما بنصفين ونعلم عليه فمن النقطة الوسطى إلى المركز هو خط نصف النهار فإذا نصبناها هكذا لم نزل نأخذ ارتفاع الشمس بها دائما وقت استوائها وهي جنوبية حتى نعرف غاية الانحطاط ونعلم على الجزء الذي وقعت عليه الشظية المرئية ثم نفعل كذلك وهي شمالية حتى نعرف غاية الارتفاع ونعلم على الجزء الذي وقعت عليه الشظية كما في الإسطرلاب فالذي بين العلامتين هو ضعف الميل فنصفه غاية الميل فالخط الذي بين المركز وبين المنصف هو في سطح معدل النهار "ي" وقد يمكن أن يرصد بما هو أسهل من هذا بأن تؤخذ نبنة مربعة مستقصاة التربيع وقيام الزوايا وتسطيح السطوح المحيطة بها ولتكن مثلا إحدى صفحتيها مربع أ ب ج د ولنجعل ب مركزا ويبعد أ ب ربع دائرة أ ج ونقسمه على تسعين درجة وعلى الدقائق ما أمكن ولننصبها على خط نصف النهار بحيث يقاطع سطحاها سطح الأفق على زوايا قائمة ونجعل زاوية ب إلى الجنوب وقد أقمنا على نقطة ب وتدا قائما محكما قد سوى بالشاقول بحيث يصل ظله إلى قوس أ ج وآخر على ج مثله ومساويا له حتى إذا وقع ظل الوتد الذي على ب كل يوم على الأجزاء فكلما ازداد الارتفاع وقع اسفل وكلما ازداد الانحطاط وقع أعلا فإذا انتهينا إلى الغايتين ارتفاعا وانحطاطا عرفنا ما بين الغايتين ويجب أن نضع خلف القوس على الشمال شيئا يمنع الظل عن التفشي قال بطليموس: فلما تواترت منا الأرصاد وكان أكثر اعتمادنا على الاستدلال من نقطة سمت الرأس والبعد عنها فوجدنا قوس ما بين الانقلابين سبعة وأربعين جزءا وأكثر من ثلثي جزء وأقل من نصف وربع جزء قريبا مما قال اراطستنانس ووافقه أبرخس إذ جعل نصفها هو الميل كله وبهذه الآلة يمكن أن نستخرج عرض البلاد بأن نعرف جزء معدل النهار ونأخذ بعد سمت الرأس عنه وهو الباقي إلى تمام تسعين وهو في اللبنة ما بين ح وجزء معدل النهار وهو بعينه ارتفاع القطب وهاهنا حيل أخرى لهذه الأرصاد تذكر في اللواحق "يا" ثم أخذ بضع مقدمات هندسية لتمام عرضه أولها أنه إذا تقاطع بين خطي أ ب، أ ج المتصلين على زاوية أ خطا ب ه، ج د الاثنان من طرفيها المفترقين ثم انتهينا إليهما عند ه. كانت نسبة أ ج إلى أ ه مؤلفة من نسبة ج د إلى در، ب ر إلى ب ه برهان ذلك أن نخرج ه ح موازيا ل: ح د فنسبة أ ج إلى ا ه ك: ح د إلى ه ح، ولنوسط بينهما رد د، فيكون نسبة ح د إلى ه د مؤلفة من نسبة ج د إلى ر د، مز ر د على

نسبة من ر د، ر د على نسبة من ه ح وكل شيء فلك أن تجعله واقعا بين شيئين بنسبتين هما بعينهما تتوسط بينهما وتكون لأحد الشيئين إلى الآخر نسبة معينة مؤلفة من تلك النسبتين إذا كان المتوسط ذلك المقدار لا غير فإن بدل صار من نسبتين أخرتين ولما كان أ ج ل: أ ه مثل ج د ل: ح ه فإذن إذا أخذ شيء ما نسبة أ ح إليه كنسبة ح د إلى ر د كان لا محالة نسبة ذلك المقدار إلى أ ه كنسبة ر د إلى ح ه للأصول التي في

اقليدس فإذن نسبة أ ج إلى ذلك المقدار ونسبة ذلك المقدار إلى أ ه هي بعينها نسبة ج د إلى در، در إلى ه ح وإنما طولنا هذا لنقف على تأليف النسبة لكن نسبة ر د إلى ه ح نسبة ر ب إلى ب ه فسواء أخذت نسبة ج د إلى رد ثم رد إلى ه ح أو رب إلى ب ه فإذن نسبة ج أ إلى أ ه مؤلفة من نسبتي ج د: رد، ب ر: ب ه "يب" وأيضا بالتفصيل نسبة ج ه إلى ه أ مؤلفة من نسبة ج ر: رد ومن نسبة دب إلى ب أ فنخرج أ ح موازيا ل: ه ب، ج د إذا أخرج لاقى أ ح لا محالة لأن زاوية ر ه ج أعني ح أ ج وزاوية أ ج ح أقل من قائمتين فليكن تلاقيهما على ح ف: ج ه إلى أه مثل ج ر، أعني مؤلفة من ج ر إلى ر د الزيادة ومن رد إلى ر ح لكن رد إلى ز ح مثل ب د إلى ب أ لأن المثلثين متشابهان لزاويتي التقاطع وزاويتي التبادل من المتوازيين مع تركيب الأضلاع فإذن ح ه إلى ه أ مؤلفة كما قلنا.ليدس فإذن نسبة أ ج إلى ذلك المقدار ونسبة ذلك المقدار إلى أ ه هي بعينها نسبة ج د إلى در، در إلى ه ح وإنما طولنا هذا لنقف على تأليف النسبة لكن نسبة ر د إلى ه ح نسبة ر ب إلى ب ه فسواء أخذت نسبة ج د إلى رد ثم رد إلى ه ح أو رب إلى ب ه فإذن نسبة ج أ إلى أ ه مؤلفة من نسبتي ج د: رد، ب ر: ب ه "يب" وأيضا بالتفصيل نسبة ج ه إلى ه أ مؤلفة من نسبة ج ر: رد ومن نسبة دب إلى ب أ فنخرج أ ح موازيا ل: ه ب، ج د إذا أخرج لاقى أ ح لا محالة لأن زاوية ر ه ج أعني ح أ ج وزاوية أ ج ح أقل من قائمتين فليكن تلاقيهما على ح ف: ج ه إلى أه مثل ج ر، أعني مؤلفة من ج ر إلى ر د الزيادة ومن رد إلى ر ح لكن رد إلى ز ح مثل ب د إلى ب أ لأن المثلثين متشابهان لزاويتي التقاطع وزاويتي التبادل من المتوازيين مع تركيب الأضلاع فإذن ح ه إلى ه أ مؤلفة كما قلنا.

فصل في معرفة الجيوب

دائرة أ ب ج على مركز د ونقط ج، ب، أ على المحيط كيف اتفق لكن ج ب، ب أ كل أصغر من نصف الدائرة فنسبة جيب أ ب إلى جيب ج ب كنسبة أ ه إلى ه ج فسمي وتر مجموعهما المقسوم بنصف القطر المخرج إلى نقطة ب ويعني بالجيب نصف وتر ضعف القوس ونسبة الجيوب بعضها إلى

بعض كنسبة أضعافها لا محالة ولنخرج جيبي ج ح، أ ر وذلك بأن نخرج عمودين إلى القطر لا محالة فلأن المثلثين متشابهان فنسبة أ ر إلى ج ح كنسبة أ ه إلى ه ح وهو المراد.

مقدمة يحتاج إليها

"مح" كل مثلث تعلم زواياه تعلم نسب أضلاعه وذلك لأن إذا أردنا عليه دائرة عرفنا قوس كل زاوية بنسبة وترها من محيط تلك الدائرة فإذا كان إحدى الزوايا قائمة كان وترها نفس القطر فإذا علمت زاوية أخرى كفاك أو علمت ضلعا آخر وعرفت نسبته إلى وتر القائمة كفاك لأنك تعلم قوس ذلك الضلع الآخر إذا صير وترا فتعرف القوس الباقية إلى نصف الدائرة فتعرف وترها وهو الضلع الثالث وتعرف نسبة الزوايا ومقاديرها بمعرفتك بالقسي إلى توترها "يد" فإن كانت قوس ج أ معلومة ونسبة الجيبين معلومة ف: ج ب، ب أ كل معلوم ولنخرج من مركز د عمود در فلأن أ د نصف القطر معلوم و: أ ر نصف الوتر المعلوم قوسه معلوم ونسبة أ ه: ه ج معلومة فنسبة جميع الوتر المعلوم إلى ج ه معلومة فيكون ج ه، ه أ معلومين وتفاوت ه ر معلوما و: در معلوم لأن زاوية ر من مثلث أ ر د قائمة و: أد، أد معلومان فالمثلث معلوم وكذلك مثلث د ه ر من ضلع د ر المعلوم و: ه ر المعلوم وهو التفاوت بين المعلومين ويعلم زاوية كل واحد من المثلثين بما علمت فيكون جميع زاوية د معلومة فقوس أب معلومة تبقى قوس ج ب معلومة "يه" وأيضا على د دائرة أ ب ج بنقطها فنضع أن د أ، ج ب يلتقيان على ه فنسبة جيب أب كنسبة ج ه إلى ب ه وليخرج عمودي ج ح، ب ر على ح أ فيكونان متوازيين وهما جيبا قوسي أ ج و أب ونسبتهما نسبة ج ه إلى ه ب "يو" فإن كانت المعطاة قوس ج ب وحدها ونسبة الجيبين معلومة ف: أ ب معلوم فليخرج ج ب يلاقي د أ على ه ويخرج على ج ب عمود د ر فلان زاوية ب د ر التي بوترها نصف قوس معلوم معلومة والقائمة معلومة وضلع د ب معلوم فمثلث د ب ر القائم الزاوية معلوم الأضلاع والزوايا فلأن نسبة الجيبين أعني جيب ج أ إلى جيب ب أ معلومة بل نسبة ج ه إلى ب ه و: ج ب معلوم تكون نسبة ج ه إلى ب ه معلومة فيصير ب ه معلوما وهو الزيادة معلومة فيصير جميع ج ه، ب ه معلومين فيكون در، ر ه معلومتين ويكون مثلث ه د ر وزاوية ه د ر معلومين نذهب ب د ر المعلومة تبقى ه د ب معلومة فيبقى قوس أ ب معلومة "بر" وأما إن كان الالتقاء من الجهة الأخرى فإنا نعلم قوسي ج ح، ب ح بمثل ما علمنا في الشكل الأول قوس أ ب فتصير
جميع قوس ب ح معلومة لكن جميع قوس ب ج معلومة لكن جميع نصف دائرة ح ج أ معلومة يبقى ب ا معلوما "يح" وأما إن كان موازيا لا يلتقي فليكن ب ه جيب أ ب وهو لا محالة عمود على أ ح تبقى

زاويتا ب، ج بين المتوازيين قائمتين ويكون سطح ج ه متوازي الأضلاع فيكون ب ه، ج ر متساويين لكن ج ر أيضا جيب ج ح ف: ج ح، ب أ متسويان و: ج ب معلوم فنصف ما يبقى إلى تمام نصف الدائرة معلوم وهو ب أ فهذه مقدمات معينة على تحقيق الشكل القطاع وهو هذا "بط" أربع قسى دون أنصاف الدوائر لكنها من أكبر الدوائر التي ترسم على بسيط الكرة وقوسا ج أ، ب أ يلتقيان على أ و يخرج من ج، ب قوسان منها يتقاطعان على ر ثم يقطعان القوسين على د، ه فنقول إن نسبة جيب قوس ج ه إلى جيب قوس ه أ مؤلفة من نسبة جيب قوس ج ر إلى جيب قوس رد وهو نسبة جيب قوس د ب إلى جيب قوس ب أ ومما يسهل تصور هذا الشكل أن تعلم أن قطر كل دائرة وكل وتر يقع فيها يكونان في سطح واحد فلنخرج من المركز وهو ح و وجوده لأنه مركز كل قوس من هذه خطوط ه ح، ح ب، ح ر و: أ د الوتر فلا محالة أن أ د الوتر و: ب ح في سطح واحد فلا يخلو إما أن يقع ب ح موازيا ل: أ د وإما أن يقع غير مواز فإن وقع غير مواز فيلتقي به إحدى الجهتين فليقع أ د بحيث يلاقي ح ب من جهة د على ط ويخرج وتر أ ج فيقاطع لا محالة نصف قطر دائرته وهو ه ح على ل وكذلك وتر ج د يقاطع رح على ك ولن خطوط ح ه، ح ر، ح ط تلقي كلها قوس ه ر ب فكلها في سطح واحد وكذلك نقط ل، ك، ط في سطح واحد ومثلث أ ج د أيضا في سطح واحد وهو سطح ضلعيه الوترين المذكورين وأخرج أ د على الاستقامة في ذلك السطح ف: ط أيضا في ذلك السطح فنقط ل، ك، ط في سطحين أحدهما سطح قوس ه ر ب والآخر سطح مثلث أ ج د فيصل إذن بينهما خط مستقيم وهو خط ل ك ط على ما قيل في كتاب اقليدس فإذن قد وقع بين خطى أ ج، أ ط المتلاقين خطا ج د، ط ل المتقاطعان على ك فنسبة ج ل إلى ل أ مؤلفة من نسبة ج ك إلى ك د. ط د إلى ط أ لكن نسبة ج ل إلى ل أ كنسبة جيب قوسي ج ه إلى جيب قوس ه أ وكذلك نسبة ج ك إلى ك د كنسبة جيب قوس ج ر إلى جيب قوس ر د ونسبة ط د إلى ط أ كنسبة جيب قوس ب د إلى جيب قوس ب أ فإذن نسبة جيب قوس ج ه إلى جيب قوس ه أ مؤلفة من نسبة جيب قوس ج ر إلى جيب قوس رد وجيب قوس ب د إلى جيب قوس ب ا و هذا مثاله " ك " وإما أن يقع بحيث يلاقيه من جهة أ وليس هذا في الكتاب فلنقدم له مقدمة فنقول إنه إذا كانت نسبة أ الأول إلى ب الثاني مؤلفة من نسبة ج الثالث إلى د الرابع ومن ه الخامس إلى ر السادس فإن نسبة ج الثالث إلى د الرابع ومن ه الخامس إلى ر السادس فإن نسبة ج الثالث إلى د الرابع مؤلفة من نسبة أ الأول إلى ب الثاني ومن نسبة ر السادس إلى ه الخامس برهانه أن نأخذ ل: ج، د، ه، ر حدودا ثلاثة مشتركة وهي ح، ط، ي فنسبة ح: ي هي بعينها نسبة أ: ب ولنجعل ي واسطة بين ح، ط فتكون نسبة ح إلى ط وهي نسبة ج إلى د وهما الثالث والرابع مؤلفة من نسبة ح إلى ي أعني أ إلى ب الأول والثاني و: ي إلى ط أعني السادس والخامس وذلك ما أردنا أن نبين "كا" ولنجعل د أ، ب ح يلتقيان من

جهة أ عند ط ونتم نصفي دائرتي ب د أ و لكنه قد تبين بالشكل الذي قبل هذا أنه يجب أن يكون نسبة جيب ج ر الأول إلى جيب ر د الثاني مؤلفة من نسبة جيب ج ه الثالث إلى جيب ه أ الرابع ونسبة جيب ك أ الخامس أعني جيب أ ب لأن ك أ ب نصف دائرة إلى جيب ك د السادس أعني جيب د ب لأن ك د ب نصف الدائرة فيلزم من ذلك أن تصير نسبة جيب ج ه الثالث إلى جيب ه أ الرابع مؤلفة من نسبة جيب ج ر الأول إلى جيب ر د الثاني ومن نسبة جيب ب د السادس إلى جيب ب ا الخامس وذلك ما أردنا أن نبين "كب" وأما إن وقع بحيث يكون موازيا لخط ب ح فإنا نقدم لبيانه مقدمة وهي أنه إذا كانت نسبة أ: ب كنسبة ج: د وكانت نسبة ه: ر نسبة المثل فإن نسبة أ: ب مؤلفة من نسبة ج:د ونسبة ه: ر وليكن ح مثل ب فتكون نسبة أ: ح، ج: د واحدة ونسبة ح: ب هي نسبة ه: ر ولأن نسبة أ: ب مؤلفة من نسبة أ: ح، ح: ب فهي مؤلفة من نسبة ج: د، ه: ر فبين أن نسبة أ: ب هي مؤلفة من نسبتهما ومن نسبة المثل وكل نسبة فهي مؤلفة من نسبة مثلها مع نسبة المثل "كح"وإذ قد تبين هذا فنقول ليكن وتر أ د موازيا ل: ب ح ونتمم نصف دائرة ب أ عند طرف القطر لا

محالة

وهو ط ونخرج وتري أ ج، د ج ونخرج من د عمود د س ونطلب المركز وهو ح ونصل ه ح فيقطع وتر أ ح على ل و: ح ر يقطع وتر د ح على ك ونصل ل ك ولأن قطر ب ط وقوس ه ر ب وخط ح ه ونقطة ل في سطح واحد فيمكن أن نخرج في سطح ه ر ب ح من نقطة ل خطا موازيا للقطر أعني لخط أ د ولا شك أنه يمكن في سطح أ د ح أن نخرج أيضا من نقطة ل خطا موازيا لخط أ د فأقول إنه خط ل ك وإلا فليكن الموازي الخارج من ل غيره أما في سطح ه ر ب فخط ل م إن أمكن وأما في سطح أ د ح فخط ل ن إن أمكن فكل واحد من خطي ل م، ل ن مواز لخط د أ فهما متوازيان وقد التقيا عند ل فهما متوازيان ملتقيان هذا خلف فليس إذن ل: د أ مواز إلا ل ك فقد خرج من الساقين في مثلث أ د ج خط موازي للقاعدة فنسبة ج ل إلى ل أ مثل نسبة ج ك إلى ك د فنسبة جيبَ ج ه إلى جيب ه أ مثل نسبة جيب ج ر إلى جيب ر د فلنصف إلى هذه النسبة نسبة المثل وهي نسبة جيب ب د إلى جيب ب د إلى جيب ب أ وذلك لأن أد مواز ل: ح ب و: ط أ مثل ب د و: د ط مثل أ ب فجيب د ط وهو د س وهو جيب ب د مثل جيب ب أ فنسبة جيب ب د إلى جيب ب أ هي نسبة المثل فيؤلفها إلى نسبة جيب ج ر إلى جيب رد التي هي مثل نسبة جيب ج ه إلى جيب ه أ فتكون نسبة جيب ج ه إلى جيب ه أ مؤلفة من نسبة جيب ج ر إلى جيب رد ومن نسبة جيب ب د إلى جيب ب أ وذلك ما أردنا أن نبين "كد" ونقول أيضا إنه قد تبين أن نسبة المركب من المفصل والمفصل من المركب مثل أن نسبة جيب ج أ إلى جيب ه أ مؤلفة من نسبة جيب ج د إلى جيب رد ومن نسبة جيب ب ر إلى جيب ب ه ولنتمم

نصفي دائرتي ج أ، ج د ويلتقيان على ط لكنه قد تبين لنا أن نسبة جيب قوس ط أ أعني ج أ الأول إلى جيب قوس أ ه الثاني مؤلفة من نسبة جيب ط د أعني ج د الثالث إلى جيب رد وجيب ب ر إلى جيب ب ه وأنت تعلم أن جيب طأ، أ ج واحد وجيب ط د، د ج واحد بما قلنا مرارا وذلك ما أردنا أن نبين "كه" ولنجعل هذا أصلا لما نريد أن نتبينه من أمور القسى ولنتعرف الطريقة في استخراج ميل درجة درجة وهو نسبة القوس التي تفرزها الدرجة ومعدل النهار من الدائرة المارة بقطبي معدل النهار والدرجة فلتكن الدائرة المارة بالأقطاب الأربعة دائرة أ ب ج د، أ ه ج نصف دائرة معدل النهار و: د ه ب نصف دائرة البروج و: ه النقطة الربيعية فتكون ب الشتوية و: د الصيفية وليكن ه ح جزءاً أو أجزاء معلومة مثلا برجا واحدا ثلاثين جزءا و: د قطب معدل النهار ونجيز قوس ر ح ط فيكون ح ط ميل ح ه فلنتعرف قدره فلأن قوسي أ ب ر، أ ط ه وقع بينهما قوسا ر ح ط، ه ح ب متقاطعتان على ح فنسبة جيب ر أ إلى جيب ب أ مؤلفة من نسبة جيب ر ط إلى جيب ط ح وجيب ه ح إلى جيب ب ه ولكن جيب أ ر الربع الأول معلوم وهو جيب تسعين وجيب ب أ معلوم وهو جيب الميل كله وإنما يمكنك أن تعلم الجيب لأنك، علمت الأوتار فإذا أخذت أي القوسين شئت وما جرى مجراه وضعفته وأخذت وتر ضعفه إما بالأصول التي عرفتها وإما من الجدول ثم نصفته كان جيب القوس فإذا ألقينا من نسبتها نسبة جيب ه ح إلى جيب ه ب المعلومين وهو نسبة جيب ثلاثين جزءا إلى جيب ربع الدائرة وذلك معلوم يبقى الباقي نسبة جيب ر ط إلى جيب ط ح لكن نسبة الباقي معلومة لأن كل نسبة معلومة تطرح من نسبة معلومة فإن الباقي يبقى نسبة معلومة وجيب ر ط معلوم فجيب طح معلوم ف: ط ح معلوم والوجه السهل في إلقاء النسبة من النسبة أن يطلب لأكبر عددي النسبة أو أقلها ما تكون نسبة إليه كإحدى النسبتين اللتين منهما ألفت فنجد إذن عددا ثالثا ثم ننظر ما نسبة ذلك العدد الثالث إلى العدد الثاني من العددين الأولين الذي لم يزد عليه و لم ينقض منه ولا نسبت إليه بل إلى الآخر فما كانت نسبتهما فنسبة المجهولين نسبة ذلك. وقد خرج لنا ح ط بهذا الطلب "يام" وخرج لبرجين "ك ل ط" وقد حسب بطليموس على هذا الأصل لدرجة درجة ثم رسم جداول وأثبت فيها ميل درجة درجة واحدة في صفين طولا يبين كل واحد منهما مقسوم في الطول "مه" قسمة ليستغرق ربع الدائرة وأضاف إلى كل صف في العرض أربعة صفوف صف فيه عدد الأجزاء وصف فيه ما يخصها من الدرج وصف من الدقائق وصف من الثواني فكان ذلك لوحان.هو ط ونخرج وتري أ ج، د ج ونخرج من د عمود د س ونطلب المركز وهو ح ونصل ه ح فيقطع وتر أ ح على ل و: ح ر يقطع وتر د ح على ك ونصل ل ك ولأن قطر ب ط

وقوس ه ر ب وخط ح ه ونقطة ل في سطح واحد فيمكن أن نخرج في سطح ه ر ب ح من نقطة ل خطا موازيا للقطر أعني لخط أ د ولا شك أنه يمكن في سطح أ د ح أن نخرج أيضا من نقطة ل خطا

موازيا لخط أ د فأقول إنه خط ل ك وإلا فليكن الموازي الخارج من ل غيره أما في سطح ه ر ب فخط ل م إن أمكن وأما في سطح أ د ح فخط ل ن إن أمكن فكل واحد من خطي ل م، ل ن مواز لخط د أ فهما متوازيان وقد التقيا عند ل فهما متوازيان ملتقيان هذا خلف فليس إذن ل: د أ مواز إلا ل ك فقد خرج من الساقين في مثلث أ د ج خط موازي للقاعدة فنسبة ج ل إلى ل أ مثل نسبة ج ك إلى ك د فنسبة جيبَ ج ه إلى جيب ه أ مثل نسبة جيب ج ر إلى جيب ر د فلنصف إلى هذه النسبة نسبة المثل وهي نسبة جيب ب د إلى جيب ب د إلى جيب ب أ وذلك لأن أد مواز ل: ح ب و: ط أ مثل ب د و: د ط مثل أ ب فجيب د ط وهو د س وهو جيب ب د مثل جيب ب أ فنسبة جيب ب د إلى جيب ب أ هي نسبة المثل فيؤلفها إلى نسبة جيب ج ر إلى جيب رد التي هي مثل نسبة جيب ج ه إلى جيب ه أ فتكون نسبة جيب ج ه إلى جيب ه أ مؤلفة من نسبة جيب ج ر إلى جيب رد ومن نسبة جيب ب د إلى جيب ب أ وذلك ما أردنا أن نبين "كد" ونقول أيضا إنه قد تبين أن نسبة المركب من المفصل والمفصل من المركب مثل أن نسبة جيب ج أ إلى جيب ه أ مؤلفة من نسبة جيب ج د إلى جيب رد ومن نسبة جيب ب ر إلى جيب ب ه ولنتمم نصفي دائرتي ج أ، ج د ويلتقيان على ط لكنه قد تبين لنا أن نسبة جيب قوس ط أ أعني ج أ الأول إلى جيب قوس أ ه الثاني مؤلفة من نسبة جيب ط د أعني ج د الثالث إلى جيب رد وجيب ب ر إلى جيب ب ه وأنت تعلم أن جيب طأ، أ ج واحد وجيب ط د، د ج واحد بما قلنا مرارا وذلك ما أردنا أن نبين "كه" ولنجعل هذا أصلا لما نريد أن نتبينه من أمور القسى ولنتعرف. الطريقة في استخراج ميل درجة درجة وهو نسبة القوس التي تفرزها الدرجة ومعدل النهار من الدائرة المارة بقطبي معدل النهار والدرجة فلتكن الدائرة المارة بالأقطاب الأربعة دائرة أ ب ج د، أ ه ج نصف دائرة معدل النهار و: د ه ب نصف دائرة البروج و: ه النقطة الربيعية فتكون ب الشتوية و: د الصيفية وليكن ه ح جزءاً أو أجزاء معلومة مثلا برجا واحدا ثلاثين جزءا و: د قطب معدل النهار ونجيز قوس ر ح ط فيكون ح ط ميل ح ه فلنتعرف قدره فلأن قوسي أ ب ر، أ ط ه وقع بينهما قوسا ر ح ط، ه ح ب متقاطعتان على ح فنسبة جيب ر أ إلى جيب ب أ مؤلفة من نسبة جيب ر ط إلى جيب ط ح وجيب ه ح إلى جيب ب ه ولكن جيب أ ر الربع الأول معلوم وهو جيب تسعين وجيب ب أ معلوم وهو جيب الميل كله وإنما يمكنك أن تعلم الجيب لأنك، علمت الأوتار فإذا أخذت أي القوسين شئت وما جرى مجراه وضعفته وأخذت وتر ضعفه إما بالأصول التي عرفتها وإما من الجدول ثم نصفته كان جيب القوس فإذا ألقينا من نسبتها نسبة جيب ه ح إلى جيب ه ب المعلومين وهو نسبة جيب ثلاثين جزءا إلى جيب ربع الدائرة وذلك معلوم يبقى الباقي نسبة جيب ر ط إلى جيب ط ح لكن نسبة الباقي معلومة لأن كل نسبة معلومة تطرح من نسبة معلومة فإن الباقي يبقى نسبة معلومة وجيب ر ط معلوم فجيب طح معلوم

ف: ط ح معلوم والوجه السهل في إلقاء النسبة من النسبة أن يطلب لأكبر عددي النسبة أو أقلها ما تكون نسبة إليه كإحدى النسبتين اللتين منهما ألفت فنجد إذن عددا ثالثا ثم ننظر ما نسبة ذلك العدد الثالث إلى العدد الثاني من العددين الأولين الذي لم يزد عليه و لم ينقض منه ولا نسبت إليه بل إلى الآخر فما كانت نسبتهما فنسبة المجهولين نسبة ذلك. وقد خرج لنا ح ط بهذا الطلب "يام" وخرج لبرجين "ك ل ط" وقد حسب بطليموس على هذا الأصل لدرجة درجة ثم رسم جداول وأثبت فيها ميل درجة درجة واحدة في صفين طولا يبين كل واحد منهما مقسوم في الطول "مه" قسمة ليستغرق ربع الدائرة وأضاف إلى كل صف في العرض أربعة صفوف صف فيه عدد الأجزاء وصف فيه ما يخصها من الدرج وصف من الدقائق وصف من الثواني فكان ذلك لوحان.

فصل في المطالع حيث الكرة منتصبة

فلما فرغ بطليموس من أمر أجزاء الميل انتقل إلى تعرف المطالع في الكرة المنتصبة والكرة إنما تكون منتصبة حيث يكون قطباها على الأفق ومنطقتها على سمت الرؤوس لا يميل وإنما تكون كرة الحركة الأولى منتصبة على خط الاستواء من الأرض حيث يكون قطبا معدل النهار على أفقه والمطالع هي أجزاء من معدل النهار تطلع مع أجزاء البروج وحيث الكرة منتصبة فإن درج مطالع البروج ودرج جواز دائرة نصف النهار متساوية لا اختلاف فيها لأن الحركة على قطبي المعدل فحيث القطبان على الأفق قسمت الرأس حيث تقاطع معدل النهار ودائرة نصف النهار وأما حيث الكرة مائلة فيختلف ذلك لأن الحركة ليست على قطبي سمت الرأس ولما كانت حركة الكل على قطبي معدل النهار فحركات أجزائه في الأزمنة السواء فيجب أن يكون التقدير لسائر الحركات بأزمانها ولما جعلت الدورة الواحدة منه يوما بليلته فإذا علمت الدرج التي تطلع وتغرب من المعدل مع المائل عرفت أن كل جزء وكل أجزاء من البروج في كم زمان تطلع إذ الزمان مقدر باليوم والليلة وبأجزائهما فليكن الآن الشكل المرسوم يميل على هيئته فمن البين ان الذي يجب أن يؤخذ من أجزاء معدل النهار مع أجزاء المائل ما لو توهمت الأجزاء التي يجوزها قطع الأفق للبروج أو قطع دائرة تخرج في هذا الأقليم من قطب المعدل وتمر بالمدرجة الطالعة إلى معدل النهار فيكون ما بينهما هو المطالع كأنك لو توهمت حركة كرة معدل النهار ساكنة وتحرك عليها دائرة الأفق إلى أن تصير نصف النهار وتصير دائرة الأفق ثانيا أقررت في اتصال حركتها ما بين موضعها من المشرق وموضعها من الغروب طالعا ذلك المقدر وهذا الذي توهمناه متحركا هو القوس الخارج من قطب معدل النهار إلى الدرجة لا محالة ثم إلى المعدل فإنه هو الذي يكون إذا تحرك خط نصف النهار وسائر

الخطوط التي ترسم بهذه الحركة الموهومة كلها واحدة بالقوة في خط الاستواء ومختلفة بالإضافة فيجب إذن أن يكون مطلوبنا في هذا الشكل هو خط ه ط فلأن نسبة جيب رب إلى جيب ب أ مؤلفة من نسبة جيب ر ح إلى جيب ح ط المعلومين لأن ح ط كان علم، ر ط ربع ف: رح معلوما فجيباهما معلومان ومن نسبة جيب ه ط المجهول إلى جيب ه أ وهو معلوم فجيب ه ط معلوم وقد خرج بالحساب "كرن" والبرجين "نرمد" وبقى باقي الربع للبرج الثالث وهو "لب يو" وقد رسم في الجدول لعشر أجزاء على الترتيب من الحمل.

وتمت المقالة الأولى من المجسطي والحمد الله حمد الشاكرين.

المقالة الثانية

في جملة وضع المسكون من الأرض

وَذكر أغراض المقالة قال إن الأرض تنقسم بخط الاستواء بموازاة معدل النهار وخط من الخطوط المارة بقطبي معدل النهار أرباعا ربعان جنوبيان وربعان شماليان فالمسكون هو الربع الشمالي بالتقريب والمسافة الآخذة من خط الاستواء إلى القطب تسمى عرضا والتي تأخذ من الشرق تسمى طولا والعلة التي حكمنا بها أن المعمورة هو الربع الشمالي أما من جهة العرض فلأنا لم نجد شيئا من المساكن تقع أظلال مقاييسه إلى الجنوب عند الاستوائين في أنصاف النهار وأقول عسى أن يكون هو أو غيره وجد ذلك بعد هذا الوقت الذي لم تجده فيه وأما من جهة الطول فلأنا لم نجد الكسوفات القمرية تتقدم وتتأخر في جميع المعمورة بأكثر من اثنتي عشرة ساعة فهذا هو النظر الكلي وأما النظر الجزئي فهو في مسكنٌ مسكن بحسب عرضه ووقوعه تحت دائرة ما من الموازنة لمعدل النهار معلومة بارتفاع القطب واستخراج ارتفاع القطب برصد غاية ارتفاع كوكب من الظاهرة أبدا وغاية انحطاطه وتنصف الفضل بينهما وزيادة النصف على غاية الانحطاط أو نقصانه من غاية الارتفاع أو باستخراج جزء معدل النهار في الآلة المذكورة ومعرفة ما بينه وبين تسعين فهو ميل ارتفاع القطب وإذا علم ذلك وأوضحه طلب أمورا خمسة أحوال مسامته الشمس الرأس مرة أو مرتين أو لا مسامتته البتة وأحوال نسب الأظلال إلى المقاييس في أنصاف نهار الانقلابين والاستوائين وأحوال نسب الأيام القصار إلى المعتدلة وأنواع تفاوتها ثم معرفة المطالع ثم لوازم الزوايا الواقعة بين القسي من الدوائر العظام ونسبتها فابتدأ ووضع أصلا نتعرف به من الميل ومن المقدار أطول ما يكون النهار في الأقاليم المائلة عن خط الاستواء فإن خط الاستواء لا يختلف فيه الأيام والليالي بل يتساوى الليل والنهار فيه أبدا.

فصل في معرفة سعة المشرق

مقادير القسس الواقعة في دائرة الأفق بين المعدل وبين مشارق الأجزاء وتسمى قسي سعة المشرق ثم رسم شكلا على أنه بجزيرة رودس حيث ارتفاع القطب "لو" وأطول النهار "يد"ساعة ونصف وجعل أ ب ج د دائرة نصف النهار ونصف الأفق ب ه د ونصف معدل النهار أ ه ج والقطب الجنوبي ر، ح المنقلب الشتوي ربع ط ح ر المخرج من قطب ر والغرض معرفة ه ح وهو سعة المشرق ولأن الدور على قطب ر الذي هو لمعدل النهار ف: ط، ح يصيران على دائرة أ ب التي هي لنصف النهار في زمان يحده ط أ من معدل النهار لا محالة وإذا ابتدأت من وسط السماء تحت الأرض فوافت درجة المشرق حد زمانها قوس مساوية ل: ط ح لا محالة ولهذا فزمان النهار ضعف زمان ط أ وزمان الليل ضعف زمان ط ح لأن الدائرة نصف النهار تقطع القسي العلية والسافلة كلها بنصفين وقوس ه ط وهو نصف الاختلاف بينهما معلومة وتكون هاهنا ساعة استوائية وربعا فيكون إذن أزمانها معلومة لأن الساعات "كد" والأجزاء "شس" يكون قسط كل ساعة "يه" فيكون هاهنا ثمانية عشرة زمانا و: "مه" دقيقة و: ط أ زمان نصف النهار معلوم ونسبة جيب ه أ إلى جيب ط أ مؤلفة من نسبة جيب ه ب إلى جيب ح ب ومن نسبة جيب ر ح إلى جيب ر ط فيعلم ب ح، ح ه ولنتبين أيضا أنه إذا كان الميل وقوس الأفق معلومين لنا أن ارتفاع القطب وانخفاضه وبالجملة بعده من الأفق يكون معلوما ولنطلب ب ر من هذه الصورة بعينها لأنها ما بين القطب والأفق فلأن نسبة جيب ه ط إلى جيب ط أ مؤلفة من نسبة جيب ه ح إلى جيب ح ب ومن نسبة جيب ر ب إلى جيب ر أ فيكون جميع ذلك خلا ب ر معلوما يبقى ر ب معلوما فإن كان المعلوم قوس ر ب وأردنا معرفة اختلاف ما بين النهار الأطول والأقصر وهو ضعف التفاوت مع النهار المعتدل وذلك هو ضعف قوس ه ط فنعرف ذلك لأن نسبة جيب قوس ر ب إلى جيب قوس ب أ مؤلفة من نسبة جيب ر ح إلى جيب ح ط ومن نسبة جيب ط ه إلى جيب ه أ فيصير ضعف جيب ه ط معلوما على ما علم وأيضا قوس ه ح يمكن أن يعلم من قوس بعد القطب إذا كان سائر ذلك معلوما لأن نسبة جيب ر أ إلى جيب أ ب مؤلفة من نسبة جيب ر ط وهو تسعون إلى جيب ط ح الميل ومن نسبة جيب ه ح إلى جيب ه ب المعلومة وسواء كان المعلوم ميلا جنوبيا أو شماليا أو كان الميل أو ميل درجة فالأمور بحالها. قال ومن هذه الأشياء يتبين أن الأجزاء المتساوية البعد من الانقلابين ميلها واحد وقوس أفقها واحد ونهارها واحد ومطالعها واحدة وأن الأجزاء التي تأخذ من نقطة الاستوائية تبادل أحوالها أحوال الأجزاء التي تأخذ من النقطة الأخرى فيكون ما نقص هذا في الأيام والليالي يزيد ذلك وبالعكس فليكن في هذه الصورة بعينها نقطة ك يرسمها بالقطع دائرة موازية لمعدل النهار وليكن ك م قطعة منها و: ح ل

قطعة من أخرى في بعدها على المبادلة وبين أنهما متساويتان وليكن القطب الشمالي نقطة ن فإذا أجزنا على ن ك قوس ن ك س يقطع معدل النهار على س كان ج س مثل ط أ لأن ج س شبيهة ك م لأنهما محوزتان بين قوسين خارجتين من قطب معدل النهار و: ط أ شبيهة ح ل و: ك م، ح ل متساويتان فالقوسان اللتان تشبهانهما من دائرة واحدة متشابهتان متساويتان فلذلك تبقى ه س، ه ط متساويتين ويكون لذلك ضلعا س ه، ه ك من ذي ثلاثة أضلاع س ه ك مثل ضلعي ط ه، ه ح من الآخر كل لنظيره وزاويتا ط، س قائمتان تكون قاعدة ك س كقاعدة ط ح ويوضح هذا إذا رسست للقسي أوتارا في المثلثين فقد بان تساوي المطالع وسعة المشرق والميل في الجانبين.

فصل في معرفة نسب المقاييس إلى أظلالها

في الاعتدالين والانقلابين

"ج" لندر على ه دائرة أ ب ج د لنصف النهار وقطرها أ ه ج و: أ سمت الرأس ولنخرج من ج خطا موازيا للأفق وليكن ج ن على أنه مسقط الظل و: ه ج هو المقياس ولصغر الأرض بالقياس إلى الفلك لا يبال كان المقياس على ظاهر الأرض أو كان على نفس المركز ثم ليكن نقطة ب النقطة التي ترسمها النقطة الاعتدالية على دائرة نصف النهار حتى يكون ب ه ر شعاعها و: ج ر ظلها و: ح للمنقلب الصيفي حتى يكون ح ه ك شعاعها و: ج ك ظلها و: ل للمنقلب الشتوي حتى يكون ل ه ن شعاعه و: ج ن ظله فلأن بعد سمت الرأس من معدل النهار مساو لارتفاع القطب فقوس أ ب مساو لارتفاع القطب فهو معلوم فزاوية أ ه ب معلومة ولأن غاية الميل في الشمال والجنوب معلوم فقوسا ح ب، ب ل معلومان فيصير قوس أ ل وزاويتها معلومتين ويبقى قوس أ ح وزاويتها معلومتين وإذا علمت هذه القسي فقد علمت زواياها عند المركز والزوايا المقاطعة لزواياها وهي زوايا المثلثات عند المركز. وزاوية ج قائمة و: ج ه ستين فقد علم كل مثلث لأن كل مثلث علم زاويتان منه وضلع فقد علم سائره فإن جعل مكان نقطة قريبة من ه وجعلتهما كأنهما في المركز وجعلت أيهما شئت مركزا للفلك والآخر طرف مقياس لم يؤثر في الفلك وكان البيان واحدا فليكن نقطة ع أصلا للمقياس و: ه طرفه وأخرج من ع عمود ع س عليه حتى كان مسقط الظل عليه فكان موازيا لخط ج ر وكانت النسب تلك النسب بعينها وكذلك إن جعلت نقطة ه أصلا للمقياس و: ف طرفه من ذلك الجانب و: ه س عموداً، س،ص، ق أطراف الظل إذ لا فرق بين الزوايا التي تكون عنده وعند ف القريبة منه وقد خرج بالحساب خط ج ك وهو الظل

الصيفي "يب له" وخط ج ر وهو الظل الاستوائي "مح لو" وخط ج ن وهو الظل الشتوي "قح ك" فقد تبين من هذا أنه إذا كان ارتفاع القطب والميل معلومين سهل علم نسب الأظلال والمقاييس ويسهل أن يعلم من هذا أنه إذا كانت نسبة الأظلال والمقاييس معلومة أن الارتفاع والميل يصيران معلومين بسبب معرفة القسي من معرفة زوايا المثلث لكن المعتمد في معرفة الميل الأعظم وارتفاع القطب هو الطريق الأول لأن ظل الاستواء مجهول لاستمرار الأظلال من النقصان إلى الزيادة ومن الزيادة إلى النقصان على اتصال من غير أن يكون لوقت الاستواء علامة ظاهرة وظل الانقلاب الشتوي وإن كان متميزا عن سائر الأظلال بكونه أطول الأظلال فإنه يكون لطوله منتشرا سخيفا لا يضبط طرفه حقيقة الضبط.

فصل في خواص الدوائر الموازية لمعدل النهار

ثم إن بطليموس رسم دوائر موازية لمعدل النهار بحسب مرورها على سمت الرؤوس للمساكن التي تحتها وجعل المسافة بينها بمقدار ربع ساعةِ ربع ساعة فإن الليل والنهار في خط الاستواء دائما متساويان وكلما أمعنا إلى قطب وقع التفاوت وكلما قربنا إلى القطب كان التفاوت أكثر فاختار أن يجعل مقادير ما يتكلم عليه ربع ساعة ربع ساعة قال أما خط الاستواء فكأنه الحد بين المسكون عندنا وغير المسكون الخالي الجنوبي ولأن الكرة هناك منتصبة فالأفق يقطع جميع الدوائر الموازية لمعدل النهار دائما بنصفين فيستوي الليل والنهار هناك دائما وأما في سائر المواضع فإن دائرة معدل النهار هي وحدها التي تنقسم بدائرة الأفق بنصفين وأما سائر الدوائر فتنقسم بها بمختلفين ويكون كل دائرة هي أميل إلى القطب الذي إليه المسكن فقطوعها العالية أكبر من المسافة فيكون النهار أطول من الليل ومن أحوال دائرة الاستواء أن الظل يقع فيها تارة إلى الجنوب إذا صارت الشمس عنها شمالية وتارة إلى الشمال إذا صارت الشمس عنها جنوبية وغاية امتداد الظل فيها أن يكون الظل نصف النهار والشمس في المنقلب ستة وعشرين جزءا ونصفا من ستين جزءا من المقياس وهؤلاء يرون الكوكب كلها طالعة وغاربة فلا يكون منها شيء لا يخفى عنهم دائما ويظهر لهم دائما. قال وأما أنه هل هناك مساكن أم ليس فذلك في حكم الإمكان جائز لأن تلك البقعة يجب أن تكون في غاية الاعتدال في المزاج والشمس عندهم لا يطول مكثها على سمت الرؤوس لسرعة ميلها فيكون الصيف لذلك عندهم معتدل المزاج ولا يبعد أيضا الانقلابين بعدا شديدا فيكون شتاؤهم معتدل المزاج ونحن خاصة فقد تكلمنا في هذا كلاما بالغا فليطلب من الكتب الطبيعة لنا وأما أي المساكن هناك فإن بطليموس لم يحط به علما وقت ما صنف المجسطي وقال إن ما يقال في ذلك فهو بالتخمين ثم أحاط بعد ذلك ببعضها علما وأثبته في جغرافيا. وأما سائر الدوائر المتوازية فإنا نحيط معرفة

بالمساكن التي بها بارتفاع القطب في كل واحد منها الذي هو بمقدار العرض فتكون الكواكب الدائمة الظهور ترسم دوائر نصف قطر أكبرها إن اتفق أن يكون في مداره مماسا للأفق هو بمقدار العرض ويكون مثلها من القطب الآخر دائم الخفاء فأول الدوائر المتوازية بعد خط الاستواء وهي الدائرة الثانية الموازية لخط الاستواء هي الدائرة المارة حيث أطول نهاره "يب" ساعة وربع وعرضه "ديه" فإنها تمر بجزيرة فرابينس ولأن عرضها دون الميل فيقع الظل إلى الجانبين والشمس تسامت رؤوسهم مرتين ولا يكون ظل وذلك إذا كان البعد من المنقلب الصيفي في الجهتين "عط ل" ويكون الظل الاستوائي "دكه" من ستين والظل الصيفي "كاك" والشتوي "لب له" وتتلوها الدائرة التي أطول نهارها "يب ل" وعرضها "ح كه" وتمر بخليج أو البطس وظلها أيضا ذو جهتين والشمس تسامت رؤوسهم على بعد "سط"من المنقلب ويكون ذلك مرتين والظل الاستوائي "ح ن" والصيفي يوله والشتوي لر ند والموازية الرابعة أطول نهارها يب ونصف وربع العرض يب ل ويمر بخليج أو اليقيطوس والظل ذو جهتين ومسامته الشمس مرتين وعلى "نر م" من المنقلب والظل الاستوائي "يح ك"والصيفي "يب" والشتوي "يدو" والخامسة أطول نهارها "يح" ساعة والعرض "يو كر" وتمر بجزيرة ما روى والظل ذو جهتين والمسامتة من الشمس مرتين على بعد"مه" والظل الاستوائي "ير مه" والصيفي "رمه" والشتوي "رن" والسادسة أطول نهارها"يح" ساعة وربع والعرض "ك يد" وتمر بياقطون والظل ذو جهتين المسامتة من الشمس مرتين على بعد "لا" والظل الاستوائي "كب ى"والصيفي "جمه"الشتوي "يح ى"والسابعة أطول نهارها "يح ل" ساعة والعرض "كجنا"وتمر بجزيرة سابيس والعرض كالميل فلأظلال عليها شمالية وتسامت الشمس الرأس مرة واحدة عند نقطة الانقلاب والظل الاستوائي "كول" والشتوي "سه ن" ولا ظل للصيف وما وراء هذا فلأظلال واحدة من الجهة الشمالية والشمس لا تسامت الرؤوس البتة والثامنة أطول نهارها "يح" ساعة ونصف وربع والعرض "كريب" وتمر الجزيرة ببادارميس بعطلما بدوسالظل الاستوائي "ل ن" والشتوي "عدى" والصيفي"ج ل"والتاسعة أطول نهارها "يد" ساعة والعرض "ن كب" وتمر بأسافل بلاد مصر والظل الصيفي "ون" والاستوائي "له ه" والشتوي "فحه" والعاشرة أطول أنهارها "يد يه" والعرض "لح لح" وتمر بوسط الشام والظل الصيفي "ى" والاستوائي "لط ل" والشتوي "صح ه"والحادية عشر أطول نهارها "يدل" والعرض "لو" ويمر بجزيرة رودس والظل الصيفي "يب يه"والاستوائي "محلو 9 والشتوي "فجك" والثانية عشرة أطول نهارها "يدمه" والعرض "ل ح له" وتمر بجزيرة سمورسين والظل الصيفي "يه مه" والاستوائي "مرن" والشتوي "قيدنه" والثالثة عشرة أطول نهارها "يه" والعرض "م يو" وتمر ببلاد النسطور والظل الصيفي "يح ل" والاستوائي "يب"والشتوي "قكون" والرابعة عشرة أطول نهارها "يه يه" والعرض "مح يه"وتمر بجزيرة مساليان والظل الصيفي "ك ن" والاستوائي "نه نه" والشتوي "قمديه" والخامسة عشرة

أطول نهارها "يه ل"والعرض "مه ا"وتمر بوسط بحر ففطس والصيفي "كح يه" والاستوائي "س" مساو للمقاييس والشتوي "قنه ه" والسادسة عشرة أطول نهارها "يه مه" والعرض "مونا" وتمر بعيون النهر المسمى السطروس والصيفي "كه ل" والاستوائي "مح نه" والشتوي "قال" والسابعة عشر أطول نهارها "يو" والعرض "مح لب" وتمر بمغايض نهر ناوروسبابيس والظل الصيفي "كرل" والاستوائي "سرن" والشتوي "قفح ن" والثامنة عشرة أطول نهارها "يوى" والعرض "ل يه" وتمر بوسط بحيرة مناطيدوس والظل الصيفي "كط له" والاستوائي "عام" والشتوي "رى ك" والتاسعة عشرة أطول نهارها يول والعرض نال وتمر بجزيرة تحتوي بلاد برطانيا برطينيي والظل الصيفي "لا كه" والاستوائي "عه كه" والشتوي "ركط م" والعشرون أطول نهارها "يومه" والعرض "نب ن" وتمر بمغايض رنيس والظل الصيفي "لحيه" والاستوائي "عط ه" والشتوي "ر يح ى" والحادية والعشرون أطول نهارها "ير" والعرض "ندا" وتمر بمغايض طنايذوس والظل الصيفي "لدنه" والاستوائي "قب له" والشتوي "رمحمه" والثانية والعشرون أطول نهارها "يريه" والعرض "نه" وتمر بين بقاباطيس ببيغريطيوس من بلاد برطانيا الكبرى والظل الصيفي "لو يه" والاستوائي "فه م" والشتوي "شدل" والثالثة والعشرون أطول نهارها "يرل" والعرض "نو" وتمر بوسط بلاد برطانيا الكبرى والظل الصيفي "لرم" والاستوائي "قح د" والشتوي "شله يه" والرابعة والعشرون أطول نهاره "ير مه" والعرض "نر" ويمر بموضع يسمى قطور قطاييس من بلاد برطانيا والظل الصيفي "لط ى" والظل الاستوائي "صب ك" والشتوي "شعب م" والخامسة والعشرون أطول نهارها "يح" والعرض "نح" ويمر بجنوب برطانيا الصغرى والظل الصيفي "مم"والاستوائي "صو" والشتوي "سط ه" والسادسة والعشرون أطول نهارها "يح ل"

والعرض "نط ل" وتمر بوسط برطانيا الصغرى قال وإنما لم تستعمل هاهنا التفاضل بربع ساعة لأن الدوائر هناك تكاد تكون متصلة وبعد هذا فإنه يقول إن الموضع الذي يكون أطول نهاره "يط" فالعرض "سا" وتمر بأقصى شمال برطانيا والموضع الذي أطول نهاره "يط" ونصف والعرض "سب" ويمر بجزيرة أبودن حيث يكون أطول النهار "ك" فالعرض "سح"ويمر بجزيرة بولي وحيث أطول نهاره "ك ل" فالعرض "سدل" وتمر بأقوام لا يعرفون من الصقالية والخزر وحيث أطول النهار "كب" فالعرض "سه ل" وحيث أطول النهار "ك ج" فالعرض "سو" وحيث أطول النهار "كد" فالعرض "سول" وهناك يقع الظل دائرة لأن الشمس لا تغيب في الانقلاب الصيفي فتدور أظلال المقاييس فتكون دائرة المنقلب الصيفي دائمة الظهور ودائرة المنقلب الشتوي دائمة الخفاء لأنهما يماسان دائرة الأفق على المبادلة أي أن الموازنة التي يرسمها راس السرطان تماس الأفق إذا دار قطب البروج حول قطب معدل النهار فصار إلى الجنوب فلأن هو تمام الميل يجب أن يصير على سمت الأس فيصير قطب الأفق فتنطبق دائرة البروج على دائرة الأفق

فتعرض أنه إذا مال السرطان منخفضا إلى مماسة الأفق من الشمال مال الجدي مرتفعا إلى مماسته من الجنوب على المبادلة وإذا كان الطالع النقطة الربيعية صارت منطقة البروج أفقا لهم وذلك لأن في ذلك الوقت يكون قطب البروج على سمت الرأس وقطب المعدل شماليا عنه فيكون السرطان في الأفق على دائرة نصف النهار والحمل في المشرق لا محالة فإن أحب أحد أن يزيد على هذا أمكنه ذلك من الأصول الموضوعة وتظهر هناك أن حيث يكون ارتفاع القطب بالتقريب "سر" لا يغرب البتة نصف برج الجوزاء ونصف برج السرطان الملتقيان على نقطة النقلاب فيكون أطول النهار قريبا من شهر وحيث يكون فيه ارتفاع القطب "سط ل" لا يغيب تمام البرجين ويكون أطول النهار قريبا من شهرين وحيث ارتفاعه "عح ك" فإنه لا يغيب فيه برجان ونصفا برجي الثور والأسد وأطول النهار قريبا من ثلاثة أشهر وحيث ارتفاعه "عح ك" فإنه لا يغرب برجان في كل واحد من الجانبين ويكون النهار قريبا من أربعة أشهر وحيث ارتفاعه.فد" فلا يغيب فيه برجان ونصف برج في كل جانب ويكون أطول النهار خمسة أشهر وحيث ارتفاعه "ص" فلا يغيب فيه ثلاثة أبراج من كل جانب ويكون النهار ستة أشهر فلا النصف الجنوبي يطلع هناك البتة ولا الشمالي يغرب البتة والسنة هناك يوم كل واحد ستة أشهر ودائرة معدل النهار هي دائرة الأفق وأعظم دائرة من الأبدية الظهور والأبدية الخفاء معا كأنه حد مشترك.

فصل في المطالع بحسب العروض

"د" قد قلنا في المطالع حيث الكرة منتصبة فلنقل الآن في المطالع حيث الكرة مائلة فنقول إن القسي المتساوية البعد من نقطة الاستواء في الجنوب والشمال فإن مطالعها في العروض متساوية فلتكن دائرة أ ب ج د دائرة نصف النهار و: ب ه د الأفق و: أ ه ج لمعدل النهار و: ر نقطة الربيع و:ر ح قوسا من المائل ميلا شماليا و: ط تلك النقطة بعينها وقد اتصل بها قوس ط ك جنوبيا من المائل مساويا ل: ر ح ومطالعهما ط ه، ه ر فأقول إنهما متساويان وليتوهم القطب. أما ف ي الوضع الذي وضعت فيه النقطة نقطة ط فنقطة ل وفي الوضع الآخر نقطة م ولنخرج قطعة دائرة من الكبارعلى ل ه م ونصل ط ل، ل ك، ر م، م ح بقسي من الكبار وقوس ر ح فرضت مساوية ل: ط ك وقوس ل ك مساوية لقوس م ح لأنهما تماما ميلين متساويين وقوسا ه ك، ه ح وهما سعتا المشرق متساويتان وقوسا م ه، ه ل متساويتان لأنهما من القطب إلى المنطقة فتكون أضلاع مثلث ه ح م كأضلاع مثلث ه ل ك بالتناظر فزاوية ه ل ك مساوية لزاوية ه م ح لكن زاوية ك ل ط مساوية لزاوية ح م ر لأنهما توتران قوسين متساويتين بضلعين مساويين لنظيرين من الكبار يبقى ط ل ه مساوية ل: ه م ر فتكون قاعدة ه ط مساوية لقاعدة ه ر "ه"

ونقول إن مطالع كل قوسين متساويتين من المائل عن جنبتي نقطة من الانقلابية تكون ما بين كل واحد منهما وبين الانقلابية مثل ما بين الأخرى وبين تلك الانقلابية مثل برجي الحمل والسنبلة فأنهما إذا جمعا كانا مساويين لمجموع مطالع تينك القوسين في خط الاستواء فليكن دائرة نصف النهار أ ب ج د و: ب ه د نصف الأفق و: أ ه ح نصف دائرة معدل النهار وليكن ر ح قوسا جنوبية بعدها من الشتوية كبعد قوس ط ح وليكن ر النقطة الخريفية و: ط النقطة الربيعية وليكن ح الفضل المشترك في دائرة الفق للقوسين لأن هاتين القوسين يفرزهما دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية ولنخرج على ح من قطب معدل النهار ربع دائرة من الكبار يقوم مقام الأفق في الكرة المنتصبة وهو ك ح ل فلأن ط ه مطالع ح ر فجملة ط ر مطالع للقوسين في هذه البقعة لكن ط ل مطالع ط ح في الكرة المنتصبة و:ر ل مطالع ر ح في الكرة المنتصبة ومجموعهما مساو ل: ط ر الذي كان مجموع مطالع القوسين في غير الكرة المنتصبة فلنتبين كيف تعرف مطالع ميل في غير الكرة المنتصبة "و" وليكن ذلك التقرير لجزيرة رودس التي ذكرناها على أنا إذا تحققنا مطالع ربع واحد كفانا ذلك في غيره لما عرفناه فليكن أ ب ج د نصف النهار و: ب ه د نصف دائرة الأفق و: أ ه ح نصف دائرة المعدل و: ر ح ط نصف دائرة البروج و: ح النقطة الربيعية وليكن د ك ارتفاع القطب بها و: ك نقطة القطب وليمر بها ربع دائرة كبيرة تجتاز على تقاطع المائل والأفق وهي نقطة ل إلى م ولتكن ح ل برجا واحدا مثلا وهو الحمل والمطلوب مقدار ه ح وبين أن نسبة جيب ك د إلى جيب د ح مؤلفة من نسبة جيب ك ل إلى جيب ل م ومن نسبة جيب ه م إلى جيب ه ج لكن ك د وهو ارتفاع القطب معلوم و: د ج وهو ما يبقى من قوس ك ج بعد طرح ك د المعلوم معلوم وقوس ك ل معلومة لأنها بعد رأس الثور عن القطب المعدل وهو تمام ميله يبقى ل م معلوم لأنه ميله و: ه ج معلوم يصير م ه معلوما و: ح م هو مطالع ح ل في الكرة المنتصبة وهو معلوم يبقى معلوما وقد خرج مطالع الحمل بجزيرة رودس "يط يب" فيكون الحوت إذن يطلع بمثلها والميزان يتمم الحوت مجموع مطالعهما في الكرة المنتصبة والسنبلة للحمل وإذا أخذ خط ح ل للحمل والثور جميعا وعلم ما للحمل وحده علم ما للثور وحده وإنما يبقى حينئذ للثور "كب مو" وكذلك الدلو للحوت والأسد للسنبلة والعقرب للميزان ولما كان أطول ما يكون من النهار وأقصره معلوما بذلك العرض وهو بجزيرة رودس "يد" ساعة ونصف فبين أن الأجزاء التي من السرطان إلى القوس يرتفع مع "ريزل"زمانا والباقي وهو "قمب ل" للنصف الباقي فيكون الربعان المكتفيان للنقطة الربيعية معلومي المطالع وكل واحد منهما يطلع مع "عاية" والربعان المكتنفان للنقطة الخريفية مع "قح مه" فيظهر من ذلك كم يبقى للجوزاء والجدي وهي الأزمان الباقية فيكون لهما "كط ير" ويبقى لكل من السرطان والقوس "له يه" وهذا قانون يمكنك أن تستخرج به لما هو أقل من برج تمام "ر" ثم ذكر بطليموس لبيان ذلك وجها آخر أسهل وأحكم. قال

ليكن أب ج د نصف النهار و: أ ه ج

نصف دائرة المعدل و: ر ط ح نصف دائرة البروج و: ه على أفق ب ه د النقطة الربيعية ولنفصل ه ط قوسا معلومة ولنجز عليها ك ط ينقطع بالأفق قطعة موازية لمعدل النهار وليكن ل قطب معدل النهار الجنوبي ولنجز ل ط م، ل ك ن ربعين فمعلوم أن ه م مطالع ه ط في خط الاستواء لأن الأفق فيها بعينه هو خط ل ط م بالقوة. وأما في عرض هذا البلد فمطالعها مساوية لقوس م ن من قبل أن ط ك مواز ل:م ن وشبيه به لأنه فصلهما قوسان من القطب متشابهتان فإذا كان شبيها به كان طلوعه معه لكن ط ك هي ما دار من الموازية من وقت ما كان ط على الأفق إلى أن صار ه على الأفق فيكون ه ن هو فضل مطالع خط الاستواء على مطالع هذا العرض وقد يغلط في هذا الشكل فظن أن نقطة ط لما كانت على الأفق كانت نقطة م أيضا على الأفق وطلعتا معا أعني هت ط، ه م وليس كذلك بل إنما يكونان معا على أفق خط الاستواء وأما هاهنا فإنما كان مع ط على أفق ب ه د نقطة أخرى بعدها من ه بعد م من ن فلنكتب شكلا مختصرا في هذا وليكن أ ب ج د دائرة نصف النهار في عرض ما معلوم و: أ ه ح من دائرة المعدل و: ب ه د نصف الأفق و: ر قطب جنوبي و: ح مجاز نقطة المنقلب الشتوي ولنخرج ر ح إلى ط ربع دائرة و: ك مجاز درجة أخرى ولنجز ر ك ل فنسبة جيب قوس ط ح إلى جيب قوس ر ح مؤلفة من نسبة جيب ط ه إلى جيب ه ل ومن جيب ل ك إلى جيب ك ل أما جيب ط ح فمعلوم لأنه جيب الميل كله فيبقى جيب ج ر معلوما وجيب ل ك وهو ميل الدرجة معلوم وجيب ك ر وهو تمام الميل معلوما وجيب ه ط معلوم لأنه نصف فضل ما بين أقصر النهار وأطوله وذلك معلوم لنا من العرض المعلوم لأن العرض مساو لارتفاع القطب وقد بان أن ذلك يعلم إذا عرف ارتفاع القطب يبقى جيب ل ه معلوما ف: ل هت معلوم و: ل ه هو التفاوت بين مطالعه في الاستواء وإذا أنقص من مطالعه في الاستواء علم.

ورسم بطليموس جداول المطالع فرسم النصف الأول الطولاني للبروج والثاني لعشرات عشرات من أجزائها لأن ما دون ذلك لا يعتد باختلافه والجدول الثالث لدرج الأزمان ودقائقها والجدول الرابع لجميع الجمل من ابتداء الربع فقد بان لك من جميع ما تقدم أنك إذا حسبت ربعا واحدا أكفاك.ف دائرة المعدل و: ر ط ح نصف دائرة البروج و: ه على أفق ب ه د النقطة الربيعية ولنفصل ه ط قوسا معلومة ولنجز عليها ك ط ينقطع بالأفق قطعة موازية لمعدل النهار وليكن ل قطب معدل النهار الجنوبي ولنجز ل ط م، ل ك ن ربعين فمعلوم أن ه م مطالع ه ط في خط الاستواء لأن الأفق فيها بعينه هو خط ل ط م بالقوة. وأما في عرض هذا البلد فمطالعها مساوية لقوس م ن من قبل أن ط ك مواز ل:م ن وشبيه به لأنه فصلهما قوسان من القطب متشابهتان فإذا كان شبيها به كان طلوعه معه لكن ط ك هي ما دار من

الموازية من وقت ما كان ط على الأفق إلى أن صار ه على الأفق فيكون ه ن هو فضل مطالع خط الاستواء على مطالع هذا العرض وقد يغلط في هذا الشكل فظن أن نقطة ط لما كانت على الأفق كانت نقطة م أيضا على الأفق وطلعتا معا أعني هت ط، ه م وليس كذلك بل إنما يكونان معا على أفق خط الاستواء وأما هاهنا فإنما كان مع ط على أفق ب ه د نقطة أخرى بعدها من ه بعد م من ن فلنكتب شكلا مختصرا في هذا وليكن أ ب ج د دائرة نصف النهار في عرض ما معلوم و: أ ه ح من دائرة المعدل و: ب ه د نصف الأفق و: ر قطب جنوبي و: ح مجاز نقطة المنقلب الشتوي ولنخرج ر ح إلى ط ربع دائرة و: ك مجاز درجة أخرى ولنجز ر ك ل فنسبة جيب قوس ط ح إلى جيب قوس ر ح مؤلفة من نسبة جيب ط ه إلى جيب ه ل ومن جيب ل ك إلى جيب ك ل أما جيب ط ح فمعلوم لأنه جيب الميل كله فيبقى جيب ج ر معلوما وجيب ل ك وهو ميل الدرجة معلوم وجيب ك ر وهو تمام الميل معلوما وجيب ه ط معلوم لأنه نصف فضل ما بين أقصر النهار وأطوله وذلك معلوم لنا من العرض المعلوم لأن العرض مساو لارتفاع القطب وقد بان أن ذلك يعلم إذا عرف ارتفاع القطب يبقى جيب ل ه معلوما ف: ل هت معلوم و: ل ه هو التفاوت بين مطالعه في الاستواء وإذا أنقص من مطالعه في الاستواء علم. ورسم بطليموس جداول المطالع فرسم النصف الأول الطولاني للبروج والثاني لعشرات عشرات من أجزائها لأن ما دون ذلك لا يعتد باختلافه والجدول الثالث لدرج الأزمان ودقائقها والجدول الرابع لجميع الجمل من ابتداء الربع فقد بان لك من جميع ما

تقدم أنك إذا حسبت ربعا واحدا أكفاك.

فصل في الأشياء الجزئية التي تعلم من المطالع

ومما يعرف من المطالع أمر مقدار النهار والليل إذا عرف جزء الشمس أما النهار فبأن بحسب البلدان من جزء الشمس إلى الدرجة المقابلة لها وأما الليل فبالعكس فيكون كل خمسة عشر منها ساعة استوائية فإذا جمعناها وقسمناها على اثني عشر حصلت أزمان الساعات المعوجة وتعرف المعوجة بوجه آخر أسهل وهو أن نأخذ سدس تفاضل الجمل الموضوعة في جدول المطالع أما بالنهار فمن درجة الشمس وأما بالليل فمن المقابل لها فتزيده على الأزمان الخمسة عشر للدرجة الشمالية وتنقصه للجنوبية وأعني بتفاضل الجمل تفاضل الجمل الموضوعة في الدائرة الموازية لمعدل النهار والجمل الموضوعة لها في الدائرة الموازية للإقليم وذلك لأن هذا التفاضل هو بحسب ربع دائرة ويخص ست ساعات فإن كان المعلوم لنا هو الساعة المعوجة فإنا نضربها في أزمان ساعات ذلك النهار أو الليل فما حصل قسمناه على خمسة عشر وهو بعكس رد الاستوائية إلى المعوجة وأيضا إن كانت الساعة المعوجة معلومة استخرجنا منها المطلع بأن نجمع

أزمانها ونأخذ من درجة الشمس نهارا ومن مقابلتها ليلا إلى آخرها ونأخذ ما بحذاء تلك المطالع بحسب العروض على توالي البروج فحيث انتهينا فهو الطالع فإن أردنا درجة وسط السماء ضربنا الساعات المعوجة من بعد نصف نهار اليوم الماضي إلى تلك الساعة في عدد أزمانها يعني الساعات النهارية في الأزمان النهارية والليلية في الليلة والخلط في الخلط كل في نظيره ونجمع الجميع إلى مطالع جزء الشمس ثم نلقي ذلك من الدرجة على توالي البروج بحسب مطالع الاستواء فما بلغ فهو درجة وسط السماء فوق الأرض فإن كان المعلوم الطالع وأردنا وسط السماء فوق الأرض أخذنا جملة العدد المكتوب بإزاء الطالع فننقص منه تسعين زمانا ونأخذ ما بإزاء الأزمان التي تبقي من مطالع خط الاستواء من درج البرج وإن كان المعلوم وسط السماء فإنا نزيد عليه على ذلك الوجه تسعين زمانا ونأخذ ما بإزائه بحسب مطالع البلد ومن البين أن الساكنين تحت دائرة واحدة من دوائر نصف النهار فإن الساعات الاستوائية التي لبعد الشمس عن نصف نهارهم أو نصف ليلهم متساوية والذين يسكنون في دوائر نصف النهار مختلفة فإن ذلك يختلف عندهم بالتقديم والتأخير بمقدار الأجزاء بين دوائرهم من معدل أنهار.

فصل في معرفة الزوايا من تقاطع دائرتي البروج ونصف النهار

في معرفة الزوايا التي تحدث من تقاطع دائرتي البروج ونصف النهار

ثم شرع بعد ذلك في تبيين حال الزوايا الواقعة بين دائرة نصف النهار فقال الزاوية القائمة في قسي الكرة هي التي يمكن أن توتر ربع دائرة من الكبار التي نقطة تلك الزاوية قطب لتلك الدائرة فيكون نسبة تلك الزاوية إلى أربع زوايا تحدث من تقاطع قسي كبار نسبة تلك القوس إلى دائرة هي أربعة أمثالها وهي دائرتها فتكون موترة لتسعين جزءا والزوايا المطلوب قسيها ومقاديرها هاهنا هي الحادثة من تقاطع المائلة ونصف النهار ومن تقاطع المائلة ودائرة السمت الخارجة من سمت الرأس إلى الجزء المفروض وهذا البيان مع أنه نافع جدا فهو ضروري في بيان اختلاف المنظر للقمر قال: ولنجعل كلامنا في الزاوية الشرقية الشمالية من الزوايا الأربع الحادثة ولنجعل الابتداء منها مما يحدث من المائلة ودائرة نصف النهار للسهولة فأول البيانات أن كل نقطتين متساويتي البعد من إحدى نقطتي الاستواء فإنهما يحدثان الزاويتين المذكورتين متساويتين فليكن أ ب ح من معدل النهار و: د ب ه من المائل و: ر قطب معدل النهار و: ب النقطة الاستوائية و: ب ح و: ب ط متساويتان وقوسا ر ك ح، ر ط ل من دائرتين لنصف النهار فلأن مثلثي ك ب ح،ب ط ل متساويا الأضلاع على ما علم فمتشابهان فزاوية ح مثل نظيرتها ب ط ل بل زاوية ر ط ه المقاطعة لها "ى" وأيضا ليكن أ ب ج من فلك البروج و: ب منقلب فنقول إن القوسين المتساويتين في البعد منه مثل ب ه، ب د فالزاويتان الشرقيتان من جهة واحدة الواقعتان عليهما من دائرة

نصف النهار مساويتان لقائمتين كزاويتي ر د ب ن ر ه ج لأن ر ه ج مساوية مع ر ه ب لقائمتين وزاويتا ر ه ب، ر د ب متساويتان لأنهما يوتران قوس ر د، ر ه وهما متساويتان لأنهما من القطب إلى نقطتين متساويتي الميل فهما تماما ميل واحد."يا" وأيضا فلنبين أن زاويتي المنقلبين عن نصف النهار قائمتان فليكن ا ب ح د لنصف النهار و: أ ه ح لنصف المائل و: أ المنقلب الشتوي ونجعل أ قطبا ونَدير دائرة د ه ب على بعد ضلع المربع ويكون قوس د ه ربع دائرة لأنه يمر على قطبه وعلى قطب البروج دائرة أ ب ح د ف: د أ ه قائمة وبذلك نعرف الزاوية الصيفية "يب" وليكن في مثل ذلك أ ب ح د لنصف النهار و: أ ر ج نصف دائرة البروج و: أ الاستواء الخريفي وعلى قطبه نصف دائرة ب ر د ه فلأن دائرة أ ب ح د تمر على قطبي دائرة ب ه د وقطبي دائرة أ ه ح فيكون أ ه، ه د كل واحد على القطبين فيكون أ ه، ه د كل واحد منهما ربع دائرة ف:ر هو المنقلب الشتوي و:ر ه معلوم فجميع ر د معلوم ويوتر زاوية ر أ د فهي والباقية معلومة. وأيضا فليكن في هذا الشكل ب ر د نصف دائرة البروج و: أ ر ه ح نصف دائرة معدل النهار وعلى قطب أ نصف دائرة من الكبار وهي ك ه ط ح فقد مر أ ب ح د على قطبين دائرتي أ ر ح، ك ط ح وكل واحد من أ ح، ه ح ربع دائرة و: أ ه لا محالة ربع دائرة فيكون نسبة جيب ب أ إلى جيب أ ح وهما معلومان مؤلفة من نسبة جيب ب ر إلى جيب ر ط ومن نسبة جيب ه ط إلى جيب ه ح، ب ر السنبلة معلوم والطالع وهو ط معلوم ف: ر ط معلوم و: ه ح الربع معلوم ف: ه ط وهو المطلوب معلوم، ه ك معلوم فجميع ك ه ط معلوم فزاوية ك ب ط معلومة وهي المطلوب ويكون زاوية العقرب معلومة وزاويتا الثور والحوت الباقيتان عن قائمتين معلومتين وأيضا إن أنزل ر ب أجزاء أخرى من النقطة الخريفية علمت الزاوية وعلم مقابلها في الجهة الأخرى من النقطة ومقابلها من جهة المنقلب فعلمت الزوايا كلها.

فصل في معرفة الزوايا التي تحدث من تقاطع دائرتي البروج والأفق

أما الزوايا الحادثة عن المائل وأفق الاستواء فيبين أنها تكون كالتي عن المائل ونصف النهار، وأما التي في العروض فنقول إن الزاوية التي تحدث عن الأفق وقوس من المائل لها بعد محدود من نقطة استوائية والقوس طالعة مساوية لنظيرتها التي تحدث عن الأفق وقوس من المائل لها ذلك البعد عن تلك النقطة بعينها والقوس تحت الأرض "يد" فليكن أ ب ح د لنصف النهار و: أ ه ح معدل النهار و: ب ه د الأفق و: م ل ك قوس من المائل فوقانية و: ر ح ط أخرى تحتانية مساوية له و: ر نقطة الاستواء الخريفي طالعة و: ك هي بعينها تحت الأرض فنقول إن زاويتي ه ح ر، ه ل ك متساويتان وذلك لأنه قد تبين إن مثلثي ه ل ك، ر ه

ح متساويا الأضلاع والزوايا وأنه لا خلاف بين أن يجعل قوس ه ك قوسا غير قوي ه ر بل مساوية لها وبين أن يجعلها هي بعينها غاربة."يه" وأيضا كل نقطتين متقبلتين من المائل مع الأفق فالزاوية الشرقية والغربية التي تقابلها من تحت مساويتان لقائمتين فليكن دائرة الأفق أ ب ح د ودائرة المائل أ ه ج ر ويتقاطعان على أ، ح فلأن.زاويتي ر أ د، د أ ه مثل قائمتين و: ر ح د مساو ل:ر أ د فزاويتا د أ ه، د ج ر منه معادلتان لقائمتين وإذ كانت الزوايا التي تكون عند نقط متساوية البعد عن الاستواء وعند أفق واحد طالعة وغاربة واحدة متساوية فالزاوية الشرقية والغربية مجموعتين من كل نقطتين متساويتي البعد عن انقلاب واحد مساويتان لقائمتين وأعني بالزاوية الشرقية الشمالية التي في جهة المغرب فإذا علمت الشرقية علمت الغربية لأنها ما بقى بعد قائمتين وقد يمكنك أن تفهمها من أشكال أول هذا الباب فإن نقطة ح تحد بعدا من المنقلب يحده نقطة ل بعينها وكانت زاوية ر ح ه مثل زاوية ه ل ك تبقى د ل ك الغربية مع ر ح ه مثل قائمتين إذ كانت مع ه ل ك مثل قائمتين "يو" فلنرسم حيث يكون ارتفاع القطب لو دائرة أ ب ح د لنصف النهار و: أ ه د شرقي الأفق و: ه ر ربع معدل النهار و: ب ه ربع المائل على أن ه النقطة الربيعية فتكون ج الشتوية و: ب الصيفية وقوس د ر معلومة لأنها ما تبقي بعد طرح ارتفاع القطب و: ح ر، ب ر معلومان لأنهما غاية الميل ف: ح د معلوم و: ه قطب نصف النهار فهذه الزوايا الواقعة عنده كلها معلومة فزاويتا مبدأ الميزان والحمل معلومتان "ير" ولنطلب مثلا أن نعلم زاوية الثور الشرقية وليكن أ ب ح د دائرة نصف النهار وليكن ب ه د نصف الأفق الشرقي و: أ ه ح نصف دائرة البروج وليكن ه أول الثور وقد تبين في هذا الإقليم وهذا المطلع على ما نعلمه أن الوتد الأرضي يكون يرما من السرطان فقوس ه ح إذن أقل من الربع فلنعمل على قطب ه ويبعد ضلع المربع وهو ه ر قطعة ط ح ر ولنتمم ه ج ح ربع دائرة فيكون قوسا د ج ر، ط ح ر ربعين إذ أفق ب ه ط يمر بقطبي ر ج د. ر ح ط لأن ه قطب ر ح ط ثم دائرة الأفق مارة على قطب دائرة نصف النهار كما أن دائرة نصف النهار مارة على قطب الأفق لا محالة فيكون قطب ر ج د على أفق ب ه د وميل ج عن معدل النهار معلوم وبعد معدل النهار عن نقطة ر وهي سمت الرجل معلوم فمجموعهما وهو ج ر معلوم فالباقي وهو ج د معلوم. وأيضا نقطة ح وهي على تسعين جزءا من ه معلومة وبعدها عن معدل النهار معلوم وبعد معدل النهار عن ر معلوم لأن ارتفاع القطب معلوم و:ر قطب الأفق من تحت وهي سمت الرجل يبقى قوس ر ح معلومة فقوس ر ح معلومة تبقى قوس ح ط معلومة ونسبة جيب ه د إلى جيب د ط مؤلفة من نسبة جيب ه ح إلى جيب ح ح ومن نسبة جيب رح إلى جيب ر ط لكن قوس ه د هي ما تبقى من الربع بعد طرح سعة المشرق وهي قوس الأفق لأول الثور بالبلد و: د ط تمام تسعين منه و: ه ح، ج ح معلومان و: ر ط معلوم فيصير ر ح معلوما فيبقى ح ط معلوما وذلك بالجنوب فتصير زاوية ج ه ط معلومة.

فصل الزوايا الحادثة من تقاطع دائرة البروج والدائرة المارة بقطبي الأفق

وفي بيان مقادير هذه الزوايا يتبين مقادير القسي الكائنة من الدائرة المارة بقطبي الأفق التي بين سمت الرأس وبين تقاطع هذه الدائرة والدوائر المائلة كما ترى عن قريب."يح"ونقول كل قوسين متساويتي البعد عن انقلاب واحد متساويتي الزمان أي متساويتي القوسين الموازيين المرتسمين بحركتهما من النقطتين على جنبتي نصف النهار شرقا وغربا فالزاويتان اللتان من جهة واحدة معادلتان لقائمتين وقوسا السمت إليهما متساويتان فليكن أ ب ح من نصف النهار و: ب نقطة سمت الرأس و: ج قطب معدل النهار وقطعتا أ د ه، أ ر ح من انقلاب واحد وهو من انقلاب أ و: ر، د متساويتا البعد عن انقلاب أ بل من قطب ج وزمان ممر أ ر، أ د واحد وقوسا ج ر، ج د من قطب معدل النهار و: ب د، ب ر من سمت الرأس فلأن أ ر، أ د متساويان فزاويتا ج متساويتان وضلعا ر ج، ب ج متساويتان لضلعي د ج، ج ب فقاعدتا ر ب، ب د متساويتان والزوايا المتناظرة متساوية وقد تبين فيما مضى أن ج د ه، ج ر أ معادلتان لقائمتين ولكن ب د ج مثل ج ر ب نحصل ب ر أ، ب د ه معادلتان لقائمتين وذلك ما أردنا أن نبين "يط" وأيضا كل نقطة من دائرة البروج تكون تارة شرقية عن نصف النهار وتارة غربية ببعد سواء وأزمان سواء فالقوسان العظيمتان من سمت الرأس إليها سواء ومجموع زاويتي القوسين الشرقية الموصوفة والغربية التي تبادلها إلى جنوب المغرب مساو لضعف الزاوية الحادثة من النقطة عند نصف النهار إن كانت النقطتان المتوسطتان للسماء في الوقتين جميعا عن سمت الرأس شماليين أو جنوبيين ولنقولهما جنوبيين وليكن أ ب ح د قطعة نصف النهار و: ح سمت الرأس و: د قطب معدل النهار وليكن أ ه ر، ب ح ط قطعتين من المائل ونقطتا ه، ح تلك النقطة شرقية وغربية ولنخرج إليهما من ح، د سمت الرأس والقطب قسي ج ه، ج ح، د ه، د ح ويبين بمثل ما مضى أن مثلثي د ح ج، د ه ل: د ح فيكونا قاعدتا قوسي السمت وهما ج ه، ج ح متساويتين وأقول إن زاويتي ج ه ر، ج ح ب مساويتان لضعف د ه ر الكائنة من نصف النهار لأن زاويتي د ه ر، د ح ب اللتين من تقاطع فلك البروج ونصف النهار على نقطة واحدة متساويتان وزاوية د ه ح مثل زاوية د ح ج فزاويتا د ه ح، ج ح ب مثل زاوية د ه ر فإذا أضيفنا إلى د ه ر حتى صار ج ه ر، ج ح ب كان ضعف د ه ر."ك" ولنضع النقطتين شماليتين عن نقطة ج كما في الشكل الثاني من الشكلين وهما أ، ب فلأن زاوية د ه ر هي د ح ب و: د ه ك هي د ح ل لأنك تعلم بمثل ما علمت أن زوايا مثلثي د ه ح، د ح ج متساوية على التناظر تبقى د ه ك مثل د ح ل فجميع ل ح ب مثل جميع د ه ر، د ه ك فإذا أضيف إلى ل ح ب، ك ه ر الباقية من د ه ر "كا" ولنضع في مثل هذه

الصورة إحدى النقطتين وهي الشرقية عن توسط السماء ولتكن نقطة أ جنوبية من السمت والغربية عنه ولتكن نقطة ب شمالية منه فأقول إن زاويتي ج ه ر، ل ح ب مجموعتين أعظم من ضعف د ه ر بقائمتين لأن زاوية د ه ح مثل د ح ج لتساوي أضلاع المثلثين على ما علمت وزاوية د ه ح مع د ح ل مثل قائمتين و: د ه ر هي د ح ب لأنهما الزاويتان الموصوفتان وقد حدثتا من تقاطع قسي القطب ونقط بأعيانها من البروج في الجنبتين فنضيف د ه ر إلى د ه ح، د ح ب إلى د ح ل فيكون ضعف د ه ر وهو د ه ر ن د ح ب أضيف إلى مجموع د ه ح، د ح ل وهما معادلتان لقائمتين فكان ج ه ر، ل ح ب فكان جميعه ضعف د ه ر وقائمتين فإذن ج ه ر، ل ح ب تفضل على د ه روهو د ه ر، د ح ب بمعادلتين لقائمتين وهما د ه ح ن ل ح د "كب"وأما إذا كان بالعكس فكانت نقطة أ شمالية و: ب جنوبية كانت زاويتا ك ه ر، ج ح ب مجموعتين أصغر من ضعف د ه ر بقائمتين لأن ضعف د ه ر وهو د ه ر، د حب لأنهما متساويتان وفضل هذا الضعف على ك ه ر، ج ح ب مجموعين هو ج ح د، د ه ك وهما معادلتان لقائمتين كما عرفت."كح" وقد تسهل من هذه البيانات كيفية وجود السبيل إلى معرفة الزوايا الحادثة من المائلة والمارة على سمت الرأس ومعرفة القسي المنفرزة في هذه الدائرة إذا كانت الزوايا أو القسي التي على دائرة نصف النهار ودائرة الأفق معلومة وليكن المطلوب أولا معرفة الزوايا الواقعة منهما أعني من السمتية والمائلة على الأفق مثال ذلك ليكن دائرة أ ب ح د لنصف النهار و: ب ه د للأفق و: أ سمت الرأس وقطب الأفق و: ر ه ح قطعة من المائل مفروضة معلومة الحدود

الفهرس